

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-199974

(43)Date of publication of application : 15.07.2003

(51)Int.Cl. A63F 13/06
G06F 3/033

(21)Application number : 2002-156517 (71)Applicant : IMMERSION CORP

(22)Date of filing : 27.09.2001 (72)Inventor : BRAUN ADAM C
ROSENBERG LOUIS B
MOORE DAVID F
MARTIN KENNETH M
GOLDENBERG ALEX S

(54) DIRECTION CONTACT FEEDBACK FOR TACTILE FEEDBACK INTERFACE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a direction tactile feedback provided inside a tactile feed back interface device.

SOLUTION: The interface device 200 includes at least two actuator assemblies 202 and 204 provided with moving inertial mass 206 and 210 respectively. One control signal provided for the actuator assemblies 202 and 204 in different sizes provides a direction inertial sensation felt by a user. By imparting a waveform in a larger size to one actuator 208 and 212a sensation having a direction almost corresponding to the position of the actuator inside a housing is provided. In a different embodiment the each actuator assemblies are provided with rotation inertial mass and the control signal has different duty cycles and provides the direction sensation.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]An interface device which provides a user with direction tactile feedback comprising:

Housing in which this interface device communicates with a host computer and as for this device this user contacts physically.

At least one sensor which detects a user input from this user.

They are at least two actuator assemblies combined with this housing. Including move inertial mass, this actuator assembly is positioned in this housing, and each of this actuator assembly generates direction inertia feeling on this housing. An actuator assembly which one control signal is provided in a size which is different in each of this actuator assembly, and provides this direction inertia feeling that this user senses.

[Claim 2] The interface device according to claim 1, which a bigger size than said wave-like one is given to a specific actuator assembly of said actuator assemblies, and provides feeling which has a direction corresponding to a position of an actuator assembly of this specification in said housing mostly.

[Claim 3] Feeling which a bigger size than said wave-like one is given to an actuator assembly of the left of said actuator assemblies, and has the direction of the left is provided. The interface device according to claim 2, which provides feeling which a bigger size than that of this waveform is given to an actuator assembly of the right of these actuator assemblies, and has the direction of the right.

[Claim 4] The interface device according to claim 1, which receives instructions of a high level from said computer, and is further provided with a local processor which controls said actuator assembly by instructions of this high level.

[Claim 5] Instructions of said high level including a balance parameter, this balance parameter. The interface device according to claim 4, in which output current between said actuator assemblies is divided into two, and it is shown whether a position of a request of said direction inertia feeling is provided in accordance with an axis between these actuator assemblies.

[Claim 6] The interface device according to claim 5, which carries out mutually-independent [of this frequency and the size] including a parameter of frequency and a size, as which instructions of said high level specify frequency and a size of said inertia feeling.

[Claim 7] The interface device according to claim 5, with which this envelope changes a size of this inertia feeling, including at least one envelope parameter, with which instructions of said high level specify an envelope on said inertia feeling.

[Claim 8] The interface device according to claim 1, with which said actuator assembly vibrates said inertial mass to linearity, respectively.

[Claim 9] The interface device according to claim 8, which said control signals are [device] harmonics, and makes said inertial mass drive in the two directions.

[Claim 10] The interface device according to claim 1, with which said control signal is divided into two control signals, one of these control signals differs in another control signal and phase, and this control signal is transmitted to one of these actuator assemblies, respectively.

[Claim 11] The interface device according to claim 1, which said actuator assembly makes rotate said inertial mass, respectively.

[Claim 12]The interface device according to claim 11 which rotates said inertial mass only in one hand of cut.

[Claim 13]The interface device according to claim 12 which each of each size and frequency of inertia feeling which were generated by each of said actuator assembly can adjust independently from mutual.

[Claim 14]The interface device according to claim 1 with which said housing has said each of actuator assembly in one of these grips including two grips.

[Claim 15]An interface device which provides a user with direction tactile feedbackcomprising:

Housing in which this interface device provides said tactile feedback by the display of a computerandas for this devicethis user contacts physically.

At least one sensor which detects a user input from this user.

They are at least two actuator assemblies combined with this housingThis actuator assembly contains rotational inertia mass driven to one wayrespectivelyThis actuator assembly is positioned in this housingand generates direction inertia feeling on this housingAn actuator assembly which a control signal is provided by a duty cycle which is different in each of this actuator assemblyand provides this direction inertia feeling that this user senses.

[Claim 16]Feeling which a size ordered in said control signal is given to an actuator assembly of the left of these actuator assembliesand has the direction of the left is providedThe interface device according to claim 14 which provides feeling which a size ordered in this control signal is given to an actuator assembly of the right of these actuator assembliesand has the direction of the right.

[Claim 17]The interface device according to claim 15 which receives instructions of a high level from said computerand is further provided with a local processor which controls said actuator assembly by instructions of this high level.

[Claim 18]Instructions of said high level including a balance parameter this balance parameterThe interface device according to claim 17 in which a size of output vibration between these actuator assemblies is divided into howand it is shown whether a position of a request of said direction inertia feeling is provided in accordance with an axis between these actuator assemblies.

[Claim 19]The interface device according to claim 18 which carries out mutually-independent [of this frequency and the size] including a parameter of frequency and a size as which instructions of said high level specify frequency and a size of said inertia feeling.

[Claim 20]The interface device according to claim 18 with which this envelope changes a size of this inertia feeling including at least one envelope parameter with which instructions of said high level specify an envelope on said inertia feeling.

[Claim 21]The interface device according to claim 15 with which one of said control signals differs in another control signal and phaseand this control signal is transmitted

to one of these actuator assemblies respectively.

[Claim 22]The interface device according to claim 15 with which one of said control signals differs in another control signal and phase.

[Claim 23]The interface device according to claim 22 with which one of said control signals is combined with said another control signal so that this control signal may never be simultaneously set to ON.

[Claim 24]When one of said control signals is set to ON simultaneously with said another control signalThe interface device according to claim 15 which is made into pulse form by frequency and a duty cycle predetermined [at least one] of these control signalsand decreases at least one requirement for average power in this actuator assembly.

[Claim 25]Are the method of providing a user who operates an interface deviceand this interface device communicates direction tactile feedback with a host computerand this methodA process of detecting an input from this user based on this operation of this interface deviceIt is the process of outputting direction inertia feeling on housing of this interface device with which this user contacts physicallyThis direction inertia feeling is generated by at least two actuator assembliesThis actuator assembly moves inertial massrespectivelyand this actuator assembly is positioned in this housingand generates this direction inertia feelingA method of including a process of one control signal being provided in a size which is different in each of this actuator assemblyand providing this direction inertia feeling that this user senses.

[Claim 26]A method according to claim 25 of a bigger size than said wave-like one being given to a specific actuator assembly of said actuator assembliesand providing feeling which has a direction corresponding to a position of an actuator assembly of this specification in said housing mostly.

[Claim 27]Feeling which a bigger size than said wave-like one is given to an actuator assembly of the left of said actuator assembliesand has the direction of the left is providedA method according to claim 26 of providing feeling which a bigger size than that of this waveform is given to an actuator assembly of the right of these actuator assembliesand has the direction of the right.

[Claim 28]Receive instructions of a high level from said computerand a local processor which controls said actuator assembly by instructions of this high level is included furtherA way according to claim 26 instructions of this high level show how this balance parameter divides output current between these actuator assembliesand a position of a request of this direction inertia feeling is provided in accordance with an axis between these actuator assemblies including a balance parameter.

[Claim 29]A method according to claim 28 of carrying out mutually-independent [of this frequency and the size] including a parameter of frequency and a size as which instructions of said high level specify frequency and a size of said inertia feeling.

[Claim 30]The interface device according to claim 25 which said actuator assembly

vibrates said inertial mass to linearity respectively and said control signals are [device] harmonics and makes this inertial mass drive in the two directions.

[Claim 31] The interface device according to claim 25 with which said control signal is divided into two control signals one of these control signals differs in another control signal and phase and this control signal is transmitted to one of said actuator assemblies respectively.

[Claim 32] The interface device according to claim 25 which said actuator assembly makes rotate said inertial mass respectively.

[Claim 33] Are the method of providing a user who operates an interface device and this interface device communicates direction tactile feedback with a host computer and this method A process of detecting an input from this user based on this operation of this interface device It is the process of outputting direction inertia feeling on housing of this interface device with which this user contacts physically This direction inertia feeling is generated by at least two actuator assemblies Each of this actuator assembly makes one way rotate inertial mass A method of including a process of this actuator assembly being positioned in this housing and generating this direction inertia feeling and a control signal being provided by a duty cycle which is different in each of this actuator assembly and providing this direction inertia feeling that this user senses.

[Claim 34] Feeling which a size ordered in said control signal is given to an actuator assembly of the left of said actuator assemblies and has the direction of the left is provided A method according to claim 33 of providing feeling which a size ordered in this control signal is given to an actuator assembly of the right of these actuator assemblies and has the direction of the right.

[Claim 35] Instructions of a high level received from said host computer control said actuator assembly and including a balance parameter this balance parameter A method according to claim 33 of dividing a size of output vibration between these actuator assemblies how and showing whether in accordance with an axis between these actuator assemblies a position of a request of said direction inertia feeling is provided.

[Claim 36] A method according to claim 35 of carrying out mutually-independent [of this frequency and the size] including a parameter of frequency and a size as which instructions of said high level specify frequency and a size of said inertia feeling.

[Claim 37] A way according to claim 33 one of said control signals differs in another control signal and phase.

[Claim 38] A method according to claim 37 by which one of said control signals is combined with said another control signal so that this control signal may never be simultaneously set to ON.

[Claim 39] When one of said control signals is ON simultaneously with said another control signal A method according to claim 33 of pulse form being used by frequency and a duty cycle predetermined [at least one] of these control signals and decreasing

at least one requirement for average power in this actuator assembly.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001](The background of an invention) This invention generally that human being interfaces with a computer system more about the interface device made possible in details. It is related with the computer interface device which enables a computer system to enable a user to provide a computer system with an input and to provide a user with tactile feedback (haptic feedback).

[0002]The user can interact with the environment displayed by computer in order to perform a function and a task on a computer. Common human-computer interface device used for such an interaction The mouse connected to the computer system a joy stick a trackball a gamepad a steering wheel a stylus a tablet a pressure-sensitive surface of a sphere etc. are included. Typically a computer updates environment according to operation of physical control means such as a joy stick handle by a user or a mouse and provides a user with feedback of vision and a sound using a display screen and a voice loudspeaker. A computer detects operation of the user's operation means by a user through the sensor formed on the interface device and this sensor transmits a *** signal to a computer. In some interface devices they are a kinesthetic-sense force feedback (kinesthetic force feedback) or contact feedback (tactile feedback) (generally). as this detailed in the letter one and "tactile feedback" -- being also publicly known -- it is provided for a user. These kinds of interface devices can provide the physical feeling detected by the user who is operating the user's operation means of an interface device. It is combined with housing or a control means and one or more a motor or other actuators are connected to the control computer system. the event and interaction which are displayed when a computer system transmits a control signal or a command to an actuator -- and an output is controlled in cooperation with them.

[0003]Provide the tactile device of many low cost and the contact feedback grounded in inertia (inertially-grounded) this contact feedback Rather than the kinesthetic feedback which carries out direct correspondence to the flexibility of operation of the control means which is moving to a physical ground surface (earth) and outputs power power is transmitted about inertial mass and it is detected by the user. For example this spinning motor outputs a force sense to the housing of a controller in cooperation with the event which has occurred within the game including the spinning motor by which many gamepad controllers available now have eccentric mass. In some tactile-sense mouse device the housing of a pin button or a mouse may be moved by the interaction of the controlled cursor and other graphical objects and is detected by the user by touching these housing fields.

[0004]Such one cheap problem of a tactile-sense controller is that the capability to transmit the force sense of a different kind to a user is restricted. The device which provides much pliability by a developer about orientation and adjustment of a tactile sense is more desirable. The available inertia controller can provide only the output pulse to the general direction of a gyrating mass and vibration now. Therefore although it is perceived by the user that feeling is not outputted in the arbitrary specific directions it is perceived that it is only outputted to up to the housing of a device. However many events in the environment carried out by the game and other computers are direction bases and obtain profits with the directivity of the tactile sense which the present inertia tactual device cannot provide.

[0005](Gist of an invention) This invention is turned to providing direction tactile feedback (directional haptic feedback) in a tactile feedback interface device. The feature of the power efficiency of the tactual device by invention used for such direction feedback is also explained.

[0006]More in detail the interface device of this invention provides a user with direction tactile feedback and this interface device is communicating with the host computer. This device contains the housing physically contacted by the user and at least one sensor for perceiving a user input. Including the inertial mass which is moving at least two actuator assemblies are arranged in housing respectively in order to cause direction inertia feeling (directional inertial sensation) to housing. A single control signal is provided with amplitude which is different in each actuator assembly and the direction inertia feeling detected by the user is provided. It is given to a specific actuator assembly with the waveform of suitable more big amplitude and the feeling which has a direction almost corresponding to the position of the specific actuator assembly in housing is provided. For example big amplitude is given by a left-hand side actuator assembly and the feeling which has the direction of the left is provided.

[0007]The local processor which receives the command of a high level from a computer and controls an actuator assembly may be contained. The command of this high level divides output current between actuator assemblies and may contain the balance parameter which shows how to provide the position of the request for the direction inertia feeling in alignment with the axis between actuator assemblies. An actuator assembly may vibrate inertial mass linearly or may rotate eccentric rotation mass. The control signal might be divided into two control signals and one side has shifted from the phase of another side.

Each is transmitted to one of the actuator assemblies.

The method of this invention enables the output of direction inertia feeling similarly.

[0008]In another aspect of affairs of this invention an interface device provides a user with direction tactile feedback and contains the housing physically contacted by the user and at least one sensor for detecting a user input. At least two actuator assemblies contain the rotational inertia mass which you are made to drive by tropism

on the other hand respectively. An actuator assembly is arranged in housing direction inertia feeling is caused to housing it is provided here by the duty cycle from which a control signal differs in each actuator assembly and the direction inertia feeling detected by the user is provided. For example the control signal of command amplitude is given to a left-hand side actuator assembly and the feeling which has the direction of the left is provided. The same control may be provided also about the direction of the right. The command of a high level containing a balance parameter may be used and the method of distributing the amplitude of output vibration between actuator assemblies is shown. One side of a control signal can be shifted from the phase of another side. A control signal may be interlaced so that it may not exist when a control signal is by no means the same again. Or when one side of a control signal is the same as another side and it exists the signal of one side or both can give a pulse by predetermined frequency and duty cycle and decreases the requirements for average power of an actuator assembly. The method of this invention enables the output of direction inertia feeling similarly.

[0009] This invention provides the direction contact feedback feeling for the contact feedback which uses the actuator of low cost for an advantageous thing. These feelings make it possible experience which enables various feelings and plays a game or experience which interacts with the computer application of other kinds is what is filled more for a user rather than being able to set to these kinds of tactile devices. The feature of electric power validity also makes the embodiment of a low-electric-power device possible and provides the direction tactile sense indicated in this specification.

[0010] These advantage and other advantages of this invention read the details of following this invention and become clear in a person skilled in the art by often seeing some drawings.

[0011] (Detailed explanation of a suitable embodiment) Drawing 1 is a perspective diagram of the tactile-sense feedback system 10.

This tactile-sense feedback system 10 is suitable for using it for this invention. It is possible to provide a host computer with an input based on operation of the device by a user and it is possible to provide the user of a system with tactile feedback based on the event which has occurred within the program executed by the host computer. The system 10 is shown in illustration form as the gamepad system 10 containing the gamepad interface device 12 and the host computer 14.

[0012] The gamepad device 12 is the form of a hand-held controller.

It is similar to the form and size of a gamepad of many available for a video game console system now.

The housing 15 of the interface device 10 is fabricated so that two hands of holding a device in the grip protrusion parts 16a and 16b may be accommodated simply. In the embodiment of a graphic display a user accesses the various control on the device 12 with the finger of him or her. The device vertical mold arcade game machine laptop

type device which stand it still on the surface of a table [interface device] or others in other embodiments Or the various forms containing other devices which are used by one hand of wearable (worn on the person) a hand carry type or a user can be taken.

[0013] The direction pad 18 may be contained on the device 12 and a user is enabled to provide the host computer 14 with a directivity input. In the most general embodiment the direction pad 18 is about fabricated like the cross-joint form which has the four extensions a disk or the directivity position which spreads on all sides at intervals of 90 degrees from the central point.

Here the user can provide a host computer with the directivity input signal about a corresponding direction by pushing down one of the extensions 20.

[0014] The one or more finger joy sticks 26 which project from the surface of the housing 15 may be contained in the device 12 and may be operated by the user with one or more flexibility. For example a user holds each grips 16a and 16b of a device and can operate the joy stick 26 with 2 flexibility using the thumb or a finger (with flexibility [Or setting to some embodiments.] of three or more). This operation may be a signal which is changed into the input signal with which the host computer 14 is provided and is provided with the direction pad 18 and a different signal. A joy stick may be provided with the flexibility of another linearity or spin in some embodiments. In other embodiments instead of the joy stick 26 Or in addition to it a surface of a sphere may be provided one or more portions of a surface of a sphere can be extended here from the left-hand side of the housing 15 right-hand side the upper surface and/or the undersurface as a result by a user within 2 rotational degrees of freedom a surface of a sphere may rotate by a position and operates like a joy stick. Linearity or rotational degrees of freedom may be provided about a joy stick.

[0015] It instead of the button 24 the joy stick 26 and the direction pad 18 -- in addition other control may be arranged within limits which the hand of holding the housing 15 reaches simply. For example one or more trigger buttons may be arranged on the undersurface of housing and may be pushed with a user's finger. Various positions of the device 12 may be provided with other control and it contains the hat switch of the dial for the throttle control in a game or a slider four directions or eight directions a knob a trackball a roller or a surface of a sphere. These arbitrary control may be provided with tactile feedbacks such as contact feedback again.

[0016] Suitably the housing itself contacted by the user when a user operates a device provides contact feedback so that it may explain to details more below. A portion with movable housing can also provide contact feedback. Therefore housing can also provide contact feedback and contact feedback also with the another direction pad 18 (or other control) can be provided. Other buttons or each of other control which is provided with tactile feedback can also provide contact feedback different from other control.

[0017] The interface device 12 is combined with the host computer 14 via the bus 32

which are some arbitrary kinds of communication media and is obtained. For example a serial interface bus a parallel interface bus or wireless communication links (radio infrared ray etc.) may be used. A specific example may include Universal Serial Bus (USB) IEEE 1394 (Firewire) RS-232 or other standards. In some embodiments it may be supplied supplemented with the electric power for the actuator of a device by the electric power transmitted through the bus 32 or other channel or an electric power supply / preservation device may be formed on the device 12.

[0018] The interface device 12 reports a control signal to the host computer 14 and includes a circuit required in order to process the order signal from the host computer 14. For example it is possible to use a sensor (and the related circuit) and to perform perception and a report of operation of control of a device to a host computer. A device includes the circuit which receives the order signal from a host and outputs contact sensation with an order signal suitably again using one or more device actuators. Suitably the gamepad 12 contains the actuator assembly which can operate so that power may be generated on the housing of the gamepad 12. This operation is explained more to details below with reference to drawing 2.

[0019] The host computers 14 are other computing or electron devices which contain typically a video game console a personal computer a workstation or one or more host microprocessors suitably. One of the various home video game systems such as Nintendo Sega or the Sony system the "set top box" of television or a "network computer" may be used. Or workstation such as a workstation made from the personal computer which is compatible with IBM personal computers such as a personal computer of Macintosh SUN or Silicon Graphics may be used. Or the host 14 and the device 12 may be contained in an arcade game machine and the portable or housing in other devices with single hand-held computer computer for vehicles and ****. The host computer system 14 carries out suitably the host application program with which a user interacts via peripheral equipment and the interface device 12. For example a host application program may be video or a computer game a medical simulation a science analysis program an executive system a graphical user interface drafting/CAD program or other application programs. It may be said among this specification that the computer 14 provides "graphical environment" and this graphical environment may be a graphical user interface a game a simulation or other picture environment. A computer displays a "graphical object" or a "computer object" and these objects It is not physical objects so that **** [a person skilled in the art] but it is a logic software-units collection of data and/or a procedure which may be displayed as a picture on the display device 34 by computer 14.

Immersion Corporation of San Jose and California sells the suitable software driver which makes software interface with a tactile-sense feedback device.

[0020] the display device 34 may be contained in the host computer 14 -- a standard display screen (LCD.) CRT a flat panel etc. may be 3-D goggles an image display device (for example HUD in a projector or vehicles) or other arbitrary generating picture

devices. Typically host application provides picture such as an acoustic-sense signal which should be displayed on the display device 34 and/or other feedbacks. For example the display screen 34 can display the graphical object from GUI and/or an application program.

[0021] In other embodiments many of other interfaces or control devices of a kind may be used for this invention explained into this specification. For example it is possible to obtain profits from an inertia tactile sense so that a mouse a trackball a joy stick handle a steering wheel a knob a stylus a grip a touchpad or other devices may explain into this specification. The hand-held device of other kinds is considerably suitable for using it for the invention explained now and A hand-held remote control device or cellular phone or a hand-held electronic device or a computer etc. may be used for the tactile feedback component explained into this specification. The feeling explained into this specification. [whether for example it may be vertically outputted from the surface of a device and] Or it may be outputted from other operational objects on a joy stick handle a trackball a stylus a grip a wheel or a device or may be outputted to the direction or range of desired.

[0022] Control of the interface device 12 is operated by the user during an operation and this control shows how to update the application program (singular number or plurality) currently carried out to a computer. The electronic interface included in the housing 15 of the device 12 can combine the device 12 with the computer 14. The host computer 14 receives the input from an interface device and updates an application program according to this input. For example a game expresses graphical environment and a user uses the direction pad 18 the joy stick 26 and/or the button 24 and controls one or more graphical objects or entities here. A host computer provides the device 12 with a force-feedback command and/or data and may make tactile feedback output to a device.

[0023] Drawing 2 a and drawing 2 b are the flat-surface sectional views and side views of Embodiment 100 of the device 12 which contain two actuators for using it for one embodiment of this invention for direction inertia feedback respectively. Although it may be used for arbitrary inertia interface devices the hand-held device of the embodiment of a graphic display in which a user holds the portion from which device housing differs by both hands is the optimal and it is obtained. This embodiment is described as a gamepad for the purpose of explanation. The gamepad housing 101 indicates the gamepad contact interface device 12 operated by the user in order to provide a host computer system with an input. Typically a user holds each grip 16 by one hand and operates a device by operating the input device which is in the center portion of the housing 101 using a finger.

[0024] The housing 101 contains the actuator assemblies 102 and 104 of two high-pitch sum oscillating drives suitably. These actuator assemblies may be carried out by arbitrary various methods. The optimal actuator assembly provides the inertial mass which can carry out high-pitch sum vibration and enables effective and very

controllable inertia feeling at inertial mass including the power of the spring of centering. In one embodiment the actuator assembly explained into this specification with reference to drawing 2 – drawing 8 may be used. In other embodiments the actuator assemblies 102 and 104 It may be an actuator assembly of a high-pitch sum oscillating drive and this actuator assembly provides the rotary motor (or other actuators) combined with the bend which vibrates inertial mass almost linearly therefore provides contact feedback. Inertial mass may be the motor itself. An actuator carries out high-pitch sum vibration with periodic control signals such as a sine wave like the actuator explained into this specification for example and is controlled. Inertial mass may be vibrated by arbitrary directions. For example as shown by the arrow 106 one direction [****] is a top and the bottom. In other embodiments the actuator of other kinds such as a speech coil (coil which is moving) actuator may be used. In the embodiment of further others rotational inertia mass such as eccentric mass provided on the axis of a rotary motor may be used so that it may explain below.

[0025] The actuator assemblies 102 and 104 of a high-pitch sum oscillating drive are suitably arranged in the state where the greatest spatial position gap permitted by a device is in between. For example in the embodiment of a gamepad the assemblies 102 and 104 may be arranged in the hand grip 16 in which gamepads differ. Thereby it enables a user to perceive the power of directivity more simply. The actuator assemblies 102 and 104 have the same related characteristics such as a size of an actuator stiffness of a spring inertial mass and attenuation (when provided) suitably again. It enables balancing of a direction for it to become possible in each end of a device that an inertia force is almost the same by this and to become more effective. Other embodiments may contain the interval and/or size from which an actuator assembly differs.

[0026] Drawing 3 is a functional diagram (functional diagram) showing the control method of this invention for using it for Embodiment 100 of two actuators explained with reference to drawing 2 a – drawing 2 b.

This control method provides the direction contact feedback which may be spatially arranged by the user in the position between two actuator assemblies.

The graph 130 of time versus the current of drawing 3 a shows the initial control waveform 132 and this initial control waveform 132 provides the fundamental oscillation which should be outputted by the actuator of a device and it has desired frequency temporal duration and amplitude. A waveform is a driver function which makes both a positive direction and a negative direction carry out high-pitch sum vibration of the mass in accordance with an axis and is made to drive. This waveform may be adjusted with various parameters so that ****. For example as shown in the graph 134 of drawing 3 b in order to provide the waveform 138 which has the amplitude adjusted to the desired level in that the temporal duration of vibration differs the envelope (envelope) 136 may be applied. In other applications it is not

necessary to apply an envelope.

[0027]When the control waveform 138 is outputted to an actuator assembly (or the control signal which carries out the control waveform 138 is outputted)each actuator assembly is provided with a fundamental wave form and an isomorphism-like waveformbut. The current which amplitude is adjusted and was ordered as a result is divided between the two actuator assemblies 102 and 104. In order to provide vibration or other inertia-force feelings which have a direction which a user does not detectthe current of a quantity equal to both actuator assemblies is providedand vibration of equal amplitude is outputted from each actuator. Howeverwhen it has a direction inertia feeling is perceived to bemuch current is provided rather than the actuator of another sidenamelyone actuator outputs the inertia force of amplitude with one bigger actuator than the actuator of another side. The graphs 140 and 142 show the control waveform which was obtained from the waveform of the graph 134 and which was transmitted to the actuator assemblies 102 and 105. These graphs show the situation where the direction of the "left" is detected by the user. The waveform 144 of the graph 140 is 70% of amplitude of the ordered 100% amplitude. It is transmitted to the left actuator 104 on the left-hand side of a device. The waveform 146 of the graph 142 has 30% of command amplitude (current of the remaining quantity)and is transmitted to the actuator 102 on the right-hand side of a device. When the right is outputtedthe actuator 102 in the right-hand side of a device is provided with the current (big amplitude) of much quantity. A user detects a stronger vibration to one side of a device as directivity vibration.

[0028]The directivity of contact sensation is useful to many applicationssuch as a gameand is acquired to them. For examplewhen the car of the user in a game collides with a left-hand side barrierthe left actuator outputs a stronger vibration and the direction of this collision can be shown. A left vibration may be outputted when the character of a player has left-hand side knocked.

[0029]By division of the amplitude between two actuatorsa user detects the inertia feeling of an output in the position between somewhere in two actuator assemblies. He perceives that the power produced as the result near the actuator assembly is outputtedso that a certain one power of a user is strong. For exampledrawing 4 shows the figure of the gamepad 100 in which the actuator assemblies 102 and 104 are shown. The axis 152 shows the possible near position which may detect the inertia force which a user produces as a result. The left actuator assembly 104 from the waveform command of drawing 3Outputting bigger power (70%) than the right actuator assembly 102 (30%)a user is the near position 150 of the housing 101 which is causedapproaches with the left actuator and is arranged in proportion to big amplitudeand perceives that an inertia force is outputted. Since inertia feeling is ordered by the same fundamental wave formtherefore it is synchronously outputted on the same frequencythis is effective. Division of amplitude may be changed by the method of arbitrary requests which output a sensing direction in [arbitrary] that the

axis 152 is met.

[0030] One method of ordering a direction in this way is specifying "balance" parameter. For example the host computer can provide the local processor on the device 12 with the command of a high level. The command of this high level may contain frequency amplitude and an envelope attack (envelope attack) a fade parameter and parameters such as a balance parameter. A balance parameter may be specified as a number of a certain within the limits for example. For example the range of 0-90 may be used in order to simulate the power direction of a vector. The value of 45 shows the exact balance during the output of an actuator assembly and as a result an inertia force is sensed equivalent on both sides of a device. The amplitude of left-hand side power shows a larger thing and 45 or less value has it to the value 0. [same] It is shown that 100% of command current controls the left actuator and this value 0 does not have an output of a right actuator. The value 90 is controlled so that a right actuator has a perfect output and the left actuator does not have an output. Or a rate may be specified and applied to default actuator assemblies such as the left actuator. For example 65% of command amplitude should be applied to the left actuator and the value 65 shows that the remaining 35% of the amplitude of a command is applied to a right actuator. The local processor can perform scaling of two output control signals by command balance and can provide the suitable adjust signal for each actuator assemblies 102 and 104.

[0031] Or the host computer can instruct a balance function directly transmitting an adjustment control signal to each actuator directly or by directing directly to transmit the control signal transmitted by the host to each actuator to a local processor.

[0032] Both actuator assemblies of the important function of Embodiment 100 are a synchronization and still in phase suitably. Although both actuators are controlled using a single waveform wave-like amplitude is changed in order to show the feeling in which a direction or balance collapsed in an inertia force. Therefore except that a certain one mass accelerates early more and moves more distance from the original position of mass and the big power from the actuator assembly is outputted as a result the mass of each actuator assembly harmonizes and vibrates. Therefore since single feeling is created by arrangement of space it enables a user to more often perceive directivity. In other embodiments although the actuator is asynchronous and being obtained there is a tendency for the directivity with which a force sense is provided to decrease more by this.

[0033] Another actuator may be contained in other embodiments. For example in order to make amplitude vibration increase left-hand side may be provided with two actuators and right-hand side may be provided with two actuators. Or in order to provide contact feedback with another direction in a front another actuator may be arranged at the position of back the upper part or the lower part. Suitably each actuator receives the same waveform at a rate of a request of available electric power and attains directivity. For example when three actuator assemblies are provided with

triangular composition the position which detects the inertia-force feeling produced as a result is arranged at somewhere between all three actuator assemblies and adds the 2nd size to the position of power effectively. This position may be adjusted by adjusting the amplitude of the current to each actuator assembly appropriately.

[0034] The effect of another important direction which may be attained by Embodiment 100 is a "eradication" of an inertia force. Such an eradication changes the balance of the current between actuator assemblies continuously and as a result moves the perception position of an inertia force to the right smoothly from the left or the left from the right in the embodiment of two actuators (in or other directions which are carried out). For example a local processor may be ordered to change a balance parameter from 0 (using the above-mentioned custom) to 90 continuously and uniformly over specific temporal duration with the eradication command of a high level. An early eradication or a later eradication may be ordered by changing temporal duration. Subsequently if a local processor is changed to the rate of the command current which each actuator assembly receives between eradication the inertia force which is started on the left-hand side of a device and a user meets about and moves to the axis 152 to right-hand side one and is ended by a right actuator will be perceived. Thereby when the car of the user in a game collides on the right-hand side an inertia oscillation may be swept away from right-hand side in for example 1 to 2 seconds at high speed to left-hand side for example in order to transmit the direction of this collision. In the embodiment containing three or more actuator assemblies the position of power may be swept away by two sizes by dividing current so that a perception position may move the course of the request between all the actuators.

[0035] Other control facilities are added to the balance control between the left actuator assembly and the right actuator assembly and may include use of the phase shift between the left actuator assembly and the right actuator assembly (to or the substitute). For example the phase shift of 90 degrees between the control waveforms transmitted to each actuator (therefore between vibration of inertial mass) can give a user the impression from which frequency doubled with the mutual beating effect (alternating beating effect) (left-right). In high frequency this can make the force sense of higher amplitude possible rather than perceived. Although the position gap with big inertial mass accompanying low frequency has still arisen it is because the result detected by the user is higher frequency. Resonance frequency is useful and is obtained. For example when the resonance frequency of an actuator assembly is about 40 Hz by performing two actuator assemblies (the same kind) by which the phase shift was carried out in the phase only 90 degrees the amplitude of a strong peak is produced at 40 Hz and another strong peak is produced at 80 Hz.

[0036] Although small phase shifts such as 5 to 10 etc. degrees are sensed for a user like main frequency (master frequency) in order that a user may receive the impression that each impulse of power lasts long more each pulse is sensed strong only a few. The bigger phase shift than those such as 10 to 30 etc. degrees can give a user the

interesting feeling of a "stutter step" (namely pop [with rapid power in each cycle of vibration / pop] (pop-pop)). A phase may be transmitted to a device as a parameter of a command of a high level again.

[0037] Finally the big phase shift of 180 degrees may give contact sensation in a very interesting thing for a user. While the inertial mass of a certain actuator moves upwards and reaches the limit of movement it is because other inertial mass of other actuators moves downward and reaches a lower limit, thereby -- a gamepad or other interface devices -- a center may be about burdened with torque (the gamepad whole [for example] is the feeling on the axis 152 which is revolving around the central point about). In a certain cycle torque is a certain hand of cut in the following cycle the hand of cut of torque becomes reverse therefore mutual torque is provided. This feeling may be sensed more intense for a user from the case where it moves in the state where inertial mass is in phase. In another embodiment the normalized square wave (for example provided only in the one direction such as a positive direction) is ordered and inertial mass may be moved only in the one direction from the original position. Subsequently the phase shift of this waveform may be carried out in a phase only 180 degrees between two actuator assemblies. Thereby the beating torque of the clockwise rotation which the direction of torque never cuts and replaces may be caused. Or when a waveform is normalized by the negative direction counter clockwise beating torque is caused.

[0038] In another embodiment the inertia feeling of the left-right from the actuator assemblies 102 and 104 can cooperate with the stereo (left-right) sound outputted by the host computer for example. For example an airplane can fly in the voice-graphic display top on the user in a game or a host computer television or other devices and the sound of this airplane begins from a left loudspeaker is moved and outputted to a right loudspeaker and expresses a position sound effect. The force sense outputted by the actuator assembly of the left and the right cooperates harmonizes with a sound starts an output from the left-hand side of an interface device and can move to right-hand side. A force sense may synchronize with the picture as which the view from a pan ***** camera etc. are displayed again. In some embodiments the amplitude of a force sense can be related to a loudness level and mutual for example. A host computer orders a force sense and may make it synchronize with the sound or image which the host is also controlling.

[0039] Above-mentioned all and its example of change of an exposure effect combine by various methods in order to attain a desired effect. Therefore various exposure effects are possible by using the control system of the actuator assembly of this invention.

[0040] Drawing 5 a and drawing 5 b are the flat-surface sectional views and side views of another Embodiment 200 of the device 12 which contain two actuators used for another embodiment of this invention for direction inertia feedback respectively. The gamepad housing 201 contains the two actuator assemblies 202 and 204. In the

above-mentioned embodiment an actuator assembly contains the inertial mass which harmonizes linearly and may be vibrated. In this embodiment shown in drawing 5 a and drawing 5 b the actuator assemblies 202 and 204 contain rotational inertia mass. The eccentric rotation mass (ERM) 206 is combined with the axis of rotation of the actuator 208 in the assembly 202 in the right grip 16b and the eccentric rotation mass (ERM) 210 is combined with the axis of rotation of the actuator 212 in the assembly 204 in the left grip 16a. the actuator 208 is combined in the housing 201 in the grip 16a strictly (or -- corresponding).

the actuator 212 is combined in the housing 201 in the grip 16b strictly (or -- corresponding).

The eccentric mass 206 and 210 may be a wedge shape, a cylindrical shape or other forms. If it rotates, mass will vibrate the housing 201 in order that eccentric inertial mass may move within the limits of the operation.

[0041] The actuator assemblies 202 and 204 of a high-pitch sum oscillating drive are suitably arranged in the state where the greatest spatial position gap permitted by a device is in between. For example, in the embodiment of a gamepad, the assemblies 202 and 204 may be arranged in the hand grip 16a in which gamepads differ and 16b.

Thereby, it enables a user to perceive the power of directivity more simply. In other embodiments, although the assemblies 202 and 204 may be arranged in the field of everything but housing, they are suitably detached by remarkable air clearance also in this case (for example, opposite hand of housing). The actuator assemblies 202 and 204. Each related characteristic (the size of an actuator, inertial mass, and attenuation (when provided)) is the same, and it obtains, and makes it possible to perceive an inertia force about similarly in each end of a device, and it is made possible that a sense of direction is effective. In other embodiments, the actuator assembly which has a different size or other characteristics may be used.

[0042] (Control of the contact sensation by a one-way ERM motor) The inertial rotation actuator assembly shown in drawing 5 a – drawing 5 b may output vibration and a shock to the user of the interface device 12 if inertial mass rotates. In these methods, the periodic frequency and amplitude of the tactile-sense effect may change separately, and may be displayed on the actuator of a one-way drive of the single flexibility of an ERM actuator (however, not limited to this) etc.

[0043] Many standard gamepad oscillating tactile devices rotate ERM on the amplitude and frequency which were fixed, and these two are combined strongly. For example, vibration of high frequency is high amplitude inevitably.

Vibration of low frequency is low amplitude inevitably.

The method of control which was explained in order to use it for the embodiment of drawing 5 a – drawing 5 b and was explained for the above-mentioned use does not have to enable separate change of the amplitude of the rotation actuator of a one-way drive of 1 flexibility (DOF) and frequency, namely, an expensive bidirectional current driver does not need to be used for it. It is because it is necessary to drive ERM only

to one hand of cut. This art is important in order for ERM to make it possible to create complicated vibrations such as an attenuation sine wave or a piled-up waveform. ERM of the conventional device had the amplitude combined with the speed about linearly. Only these control methods (for example the firmware of a local microprocessor or other controllers of the device 12 carry out) are used for this invention without using an excessive clutch or a machine part. The range of the frequency of arbitrary amplitude can be performed using an ERM motor. The control method explained into this specification should care about that it may be applied to rotation of not only a rotary motor but other kinds or linear 1DOF actuator (for example a magnet motor, a solenoid, a voice coil actuator etc. which move are included). [0044] In this control method, a frequency command, an amplitude command, and a function (namely a sine wave, a square wave, a chopping wave) may be supplied to firmware as a parameter or an input. The existing Immersion/DirectX protocol used for the next with personal computers such as PC is performed, and vibration is controlled by the parameter (and if it is a request, another parameter) of the kind of amplitude, frequency, and function here. The equivalent of these parameters may be supplied by other embodiments.

[0045] An example is shown in the graph 250 which shows the relation of the time shown in drawing 6 versus amplitude. The sine wave 252 of the frequency of 5 Hz and 50% amplitude is shown as vibration of the request which should be outputted by a device (this figure and all the same following figures acquire the input and output signal for 1 second). This control method determines where each wave-like cycle starts (or should it start?) and only specific temporal duration is higher in the control signal 254 per cycle, or it raises "one" level. Other time of the control signal 254 is in "OFF" or a low state. "One" level makes a motor work and makes the single hand of cut rotate ERM 206 or 210. Therefore, a periodic control signal has the frequency based on desired (command) frequency. The perception of vibration which has specific frequency is transmitted to a user by using the control signal 254 and making an actuator ripple once per cycle. A control signal may go up to a high level like a graphic display at the beginning of a cycle, or may go up to a high level at other time in a cycle.

[0046] The amplitude of a periodic effect is drawn by adjusting the duty cycle of a control signal (for example, temporal duration in each cycle of the control signal 254 ("on time for every cycle")). Although the control signal 254 is either one or OFF, the time for every cycle whose control signal continues being one is determined by an amplitude command or the parameter. In drawing 6, the sine wave which has 50% of possible amplitude is requested. By this invention, this requested amplitude generates the control signal 254 turned on between 15 ms every 250 ms. For comparison, the waveform of amplitude is shown in drawing 7, 100%, which has the same frequency, and the graph 254 and the same graph 260 are shown. Since the frequency command is not changing, the control signal 264 is turned on at the same interval as the above-mentioned control signal 254. However, a user is impressed with time for the control

signal 264 to keep [one] been being twice and it being twice the amplitude of vibration of this. Time for an actuator to accelerate also becomes long so that time for a control signal to be one is long. Since in the case of this invention ERM reaches bigger angular velocity and power is proportional to the square of angular velocity big power is detected by a user's hand. It is only 1 time (rotational beginning) that it never permits that mass stops rotation but it is necessary to conquer static friction suitably as a result. If a control signal continues being one too much for a long time a gyrating mass will carry out multiple-times circulation and eventually will reach the frequency of nature (resonance). At this time a user detects not the ordered frequency but the natural frequency of a system.

[0047] Therefore by this invention directly depending on a frequency command it is length one [what] of two control signals of an as by what frequency one control signal is turned on or (on time of a control signal) it is related to an amplitude command. An on time determination of a control signal may be attained by a different method. Two different methods are shown among this specification. On time one may be adjusted [1st] as "a rate of a cycle." If frequency increases when a control signal is turned on only the time of the rate that each cycle was fixed on time one for every cycle will decrease. A control signal is turned on more frequently. It is mentioned that only the time as each second when it is concerned with frequency there is nothing as the end product and a control signal is the same is turned on. If frequency increases this art fixed power is applied to an actuator and the size perceived over the range of frequency provides the advantage of it being the same and continuing.

[0048] this "cycle about ordering a desired vibration -- comparatively --" -- the problem of the art to depend is not functioning well on comparatively low frequency in many embodiments. In low frequency (for example setting to some embodiments frequency lower than 2 Hz) too large power is applied to an actuator at once. For example when all the power obtained from for 1 second is applied to the beginning of a cycle in 125 continuous ms a rotation actuator between on time one of this While the control signal has been high it circulates several times and as a result the oscillating (pulse) output during these 125 ms is detected by the user not as command frequency but as frequency of the revolving speed of an actuator. Therefore the vibration output by a device cannot respond to command (low) frequency.

[0049] The 2nd method of this invention can avoid this problem in low frequency therefore it can provide a suitable method rather than outputting vibration about many ERM oscillating actual devices. The 2nd method sets up a control signal highly not about the rate of a cycle but about the maximum time to which it was fixed for every cycle. Therefore on time one of the 100% amplitude about arbitrary frequency is the same. On time one of command amplitude lower than 100% becomes lower in proportion to the quantity of command amplitude lower than 100%. It prevents that an actuator is one so long that it is established effectively and maximum on time one for every cycle circulates through multiple times between [1 time of] continuous

on time one by this. When it is permitted that an actuator circulates through multiple times (for example setting to some embodiments about 2 to 3 times or more) a user detects [rather than] high frequency not based on command frequency (for example frequency which may exist lower than 10 Hz) but based on the revolving speed of an actuator. This method prevents this result. In some embodiments the request of the 100% amplitude in the lower frequency about a specific motor. About a single cycle when more than one pulse it may be identified with on time one which rotates mass from the number of times of circulation which a user is made to detect by the mere somewhat small number of times (for example two to 3 circulation etc.). On time one of this may be determined experimentally. The fault of the 2nd art is that on time one it is separated from approaches more and it is requested that an actuator is final actually one for a long time than one cycle when frequency increases. At this time are always ASOTO a control signal mass rotates constantly and frequency and amplitude do not change separately any longer.

[0050] Since two art which maps a size in the on-time of a control signal is suitable to a different portion of the frequency range, a suitable embodiment combines two art or unites it and avoids the fault of an all directions method. In the method of a suitable combination the second method is used only when it is below fusion threshold frequency with ordered specific frequency and a primary method may be used to the ordered frequency above this threshold frequency. Fusion is possible even when the size of a control signal changes. In the first place a fusion threshold is chosen based on the kinetics of a system. Fusion frequency is frequency whose on-time is the longest. Therefore the fusion frequency which provides one vibration pulse (for example 2 mass rotations) to each period of the on-time corresponding to 100% of size of this frequency should be chosen. For example when the combination of the above big motor/mass is used it is possible to use 10 Hz as fusion threshold frequency. The on-time of a control signal is calculated to the ordered frequency above 10 Hz using the first method ("ratio of a period") and the second method ("fixed time for every period") can be used to the ordered frequency below 10 Hz. Other thresholds may be used in other embodiments. In order to unite two methods the greatest size of two methods is in agreement on fusion threshold frequency -- a scaler is chosen like (that is the shift between methods is smooth). For example at 10 Hz vibration of 100% of size may be generated by 10 Hz as the on-time of a control signal is 25 ms. When the ordered frequency approaches fusion frequency from the numerical value below 10 Hz scaling is carried out and the scaler used is held and is applied to this method of receiving the frequency above 10 Hz so that the method of "the ratio of a period" may generate the on-time for 25 ms at 10 Hz. more advanced fusion arts such as combination of near low pass/highpass of either one of the mimicry belt (mimic band) path filter of a fusion field or fusion threshold frequency may be used corresponding to a desired effect.

[0051] The option which enables instructions of a size unrelated to frequency is

changing the amplitude of the control signal 254 in proportion to the requested size rather than having only two levels to a control signal. This may be performed independently or may be performed with both the first above-mentioned method and the second both [either or]. For example the waveform of other kinds which have change amplitude can be used as control signals (a sine wave a chopping sea etc.). One efficient method of setting up or changing the amplitude of a control signal is providing Pulse Density Modulation (PWM) between the on-times chosen as control signals which were mentioned above or changing a control signal duty cycle between on-times using other predetermined methods. However PWM obtains a separate PWM module with necessity and thereby the cost of a device may increase it. In order to avoid PWM an above-mentioned primary method and the second method can be performed by bit banging (bit-banging). In bit banging a local microprocessor outputs a direct control signal to an actuator without using a PWM module. The size of a control signal must have been controlled directly by bit banging the requirements for a PWM module are eliminated and the cost of a processor or an interface device decreases potentially by it.

[0052] As it is in the embodiment of drawing 5 a – drawing 5 bit is possible to use simultaneously the above-mentioned art of changing the size and frequency of vibration independently on two or more actuators. The feature of the further invention about this control technique is explained below.

[0053] (The control signal for power efficiency should put together) The size and frequency of output vibration which became independent mutually are controlled using an above-mentioned control signal. It is possible to use this control method to two or more actuatorssuch as the actuator assemblies 202 and 204. For example each is able to operate simultaneously in both assemblies 202 and 204 using an exclusive control signal.

[0054] One problem of operating two or more actuator assemblies simultaneously is required in order for remarkable electric energy to make an actuator drive. In some embodiments when there is little available electric power use of two or more actuator assemblies may be restricted. For example the interface device 12 does not have a peculiar exclusive power supply When an electric power supply is carried out from the host computer 14 via communications channelssuch as USB (the electric power of quantity with which this was also restricted is provided) in order to operate an actuator assembly available electric energy is restricted considerably. Or in the case of the interface device 12 which has only a radio link to a host computer the cell (or electric power storing device of other cellular phones) which has the limited electric power is used within an interface device and an actuator is driven. If two or more actuator assemblies are simultaneously used when it is many with such power restriction the feeling of the tactile sense (haptic) which is not so strong will be outputted.

[0055] It becomes possible to operate simultaneously with the available electric

energy of this invention which had two actuator assemblies restricted on the other hand by law. Drawing 8 a and drawing 8 b are the graphs 270 and 272 which show the control signal which rotates ERM as mentioned above and controls a size and frequency independently. The graph 270 shows the control signal 274 given to one actuator assembly (for example assembly 202) and the graph 272 shows the control signal 276 given to another actuator assembly (for example assembly 204). The control signals 274 and 276 have the same frequency and the periods T1 and T2. The control signal 274 has an on-time when a signal is HIGH when a signal is LOW it has an off-time and it is shown that a duty cycle is about 40%. During ON of the control signal 274 since a motor rotates using most most [available all or] a large vibration is provided. However the control signal 276 is still OFF during ON of the control signal 274. In case the control signal 274 is OFF when it is the control signal 276 is set to ON and the signal 276 is come by off before the control signal 274 returns to ON. Therefore a phase is shifted from the signal 274 and the control signal 276 never does not have that a control signal is simultaneously set to ON by this. It is not necessary to become possible to use all the available electric power for arbitrary time to be to one actuator and to divide available electric power between the two actuator assemblies 202 and 204 by this.

[0056] Or it is also possible only for a few to delay the control signal 276 after the control signal 274. In order that ERM may start rotation from a pause (or other states) much electric power is needed but in order to maintain rotation when much electric power must have been needed this is useful and is obtained. For example the current which added rotation current required for another ERM to start current required for one ERM when start current required for both ERM was larger than available electric energy. It enables the second ERM to start immediately after it may be in available electric energy therefore the first ERM begins and rotates. In some embodiments if combination of a control signal is lessened vibration which a user senses will become more effective. It is because a possibility vibration produced from each actuator assembly as a result comes to arise synchronously more and "weakens each other (wash out)" is low.

[0057] The frequency and the duty cycle (on-time width which shifted) of the control signals 274 and 276 are changed and the size of various vibration which was mentioned above about drawing 6 and drawing 7 can be generated. When it changes in this way a control signal is suitably maintained by the same frequency and duty cycle. Vibration of non-directivity is generated for users such as an output equally generated [thereby for example] from the both sides of housing to the whole housing.

[0058] The control signal used by a method which was mentioned above about drawing 6 and drawing 7 does not have a larger duty cycle than 50% suitably. In many embodiments it is because the actuator assembly comes to operate by this on not frequency but the natural frequency which were ordered. For example a user senses not the ordered frequency but the frequency of ERM rotated continuously.

Therefore this method is effective it obtains and since combination is possible electric power is assigned and the strongest possible vibration can be provided with the limited electric energy. Therefore it becomes possible to control independently the size and frequency of vibration which are outputted by two actuators in a power efficiency method by the method of this combination.

[0059] Drawing 9 a and drawing 9 b are the graphs 280 and 282 about the control signal which has different frequency and/or duplication which show the electric power quota method of this invention. The graph 280 shows the control signal 284 which has specific frequency and the period T1 and the graph 282 shows the control signal 286 which has specific frequency and the period T2. The signal of an on-time overlaps only the quantity (it usually differs for every period) of the time A. Duplication cannot be avoided when it is the frequency and/or the duty cycle from which the predetermined environment which needs a larger duty cycle than 50% or a control signal differs. For example it orders so that vibration may be outputted to the one actuator assembly 202 on a certain frequency or it orders so that vibration may be outputted to other actuator assemblies 204 on different frequency and the feeling of the specific tactile sense which a user senses can be attained.

[0060] In order to make it possible to use the restricted electric energy in such a situation by this invention a control signal is suitably made OFF and ON on a predetermined duty cycle and frequency between the duplication time A. Thereby when both actuators are operating it becomes possible to become possible to decrease the average power consumption to each actuator therefore to use available electric energy efficiently. For example as shown in drawing 9 c the control signal 284 is made into pulse form in a specific duty cycle and a higher cycle during the duplication time period A and thereby it becomes possible to decrease the requirements for electric power of the control signal 284 between this duplication. This is PWM type control substantially. Thereby the size of the vibration output of an actuator decreases (a user does not understand this slightly). On the other hand the control signal 286 is also made into pulse form between overlap periods on a specific (the dotted line 288 shows drawing 9 b like) duty cycle and frequency. Therefore available electric power is shared between two actuator assemblies the output by each actuator decreases and it comes in available electric energy. It exaggerates lower than the actual frequency which can use the frequency which the control signal between duplications illustrates and a drawing shows.

[0061] A control signal can determine the duty cycle and/or frequency which are made into pulse form between overlap periods from the feature (for example an actuator ERM the feature of an amplifier) of the interface device 12 of operation. The predetermined level which makes it possible to operate both actuators within electric energy between duplications. It is possible to choose a duty cycle so that the requirements for electric power of a control signal may be decreased (for the sizes of effective duplication to be [for example] 75% of total sizes when a control signal is

still ON continuously). Usually during an overlap period it is not necessary to adjust a control signal so that a pulse may not be simultaneously set to ON. Since this originates in the comparatively high frequency of a control signal even if both control signals are HIGH(s) because the component in drive circuit such as a capacitor maintains predetermined power level it becomes possible to fully charge. In other embodiments the control signal during an overlap period can be adjusted and if possible whenever time takes the place it can turn ON so that a control signal may not be simultaneously set to ON. The frequency of the control signal during an overlap period is chosen based on other energy storing components which maintain the capability of a drive circuit and the desired power level which have a capacitor.

[0062] In some embodiments the duty cycle of the control signal during an overlap period can be adjusted based on the frequency or the period T of two control signals. For example the more the periods T1 and T2 of a control signal become short the more electric power required the more frequency becomes high namely-- in order to operate an actuator the more usually increases. When it has either or a period when both control signals are short the duty cycle of the control signal between duplications decreases and less electric power may be consumed (that is the effective size during an overlap period becomes small). In some embodiments when the period T1 or T2 is very long since ERM obtains quantity of motion in between in the second half of an on-time its required electric power may decrease more. This may be taken into consideration when determining the duty cycle of the control signal during an overlap period. High frequency oscillation is outputted by other actuators and depends and the duty cycle to the control signal of high frequency may be made to increase by vibration of low frequency in some embodiments so that there may be no ** "to weaken."

[0063] A control signal may have a different duty cycle and/or frequency during an overlap period based on each feature of an actuator assembly respectively. In some embodiments only one control signal is made into pulse form between overlap periods.

[0064] The local processor (refer to drawing 11) can control how a phase shift controls a signal and/or a control signal is made [how] into pulse form between overlap periods. For example in the embodiment of another on-time of drawing 5 a and drawing 5 b a microprocessor can be monitored when a control signal is transmitted and when other control signals are OFF it cannot transmit only one control signal.

[0065] It is possible to use for other embodiments which have an actuator of other kinds which may be controlled in the above-mentioned power efficiency control method using other signals which have a similar control signal or an on-time.

[0066] (Sense of direction using a rotational inertia actuator assembly) It is possible to control the size and frequency of output vibration which became independent mutually in the device with which electric power was restricted using the above-mentioned control method. It is also possible to use this control method with the

method of outputting the feeling of an above-mentioned direction inertia tactile sense. [0067] Drawing 10 a drawing 10 b drawing 10 c and drawing 10 d are the graphs 310 312 314 and 316 respectively and show the control signal in the control method of this invention used by the embodiment of two actuators explained about drawing 5 a - drawing 5 b. This control signal provides direction contact (tactile) feedback (in this case contact feedback as which a space position may be perceived by the user who is in the position between two actuators). The graphs 310 and 312 are similar to the signal of drawing 8 a and drawing 8 b and show the control signals 318 and 320 which produce a size and frequency of a predetermined vibration which are determined by the method of drawing 6 and drawing 7. In a request a control signal can be adjusted using other parameters such as a period and an envelope.

[0068] After determining a desired parameter a control signal is changed further and the directivity or the "balance" explained below is provided. In the graph 314 of drawing 10 c the control signal 322 decreases in the case of an on-time and the first actuator assembly is provided with smaller average current. On the other hand in the graph 316 of drawing 10 d only the quantity as the quantity in which the control signal 322 decreased on the occasion of an on-time with the same control signal 324 increases and the second actuator assembly is provided with bigger average current. Therefore the first actuator assembly is further provided with electric energy and electric power only with little electric energy by which the second actuator was further supplied to the first actuator is provided. For example since the control signal 324 has a bigger duty cycle (for example duty cycle which increased only 25%) an actuator is provided with more electric power and a stronger vibration is outputted. Since the control signal 322 has a duty cycle only with a corresponding low quantity (25%) the size of vibration outputted from this actuator becomes lower. Thereby between two actuator assemblies all the 100% of the ordered sizes differ and it is distributed.

[0069] Therefore scaling of the size of vibration is carried out by dividing the size ordered between the two actuator assemblies 202 and 204. Since a user provides vibration or other inertia-force feelings which do not detect a direction as for both actuator assemblies as equal electric energy (average current) is provided and it is in drawing 10 a - drawing 10 b by this vibration of an equal size is outputted from each actuator. However when inertia feeling detects a direction the on-time of a control signal is adjusted. That is one actuator is provided with more average current than another side and the inertia force of a bigger size than the inertia force outputted by another actuator is outputted by this actuator. When the control signal 324 is given to the actuator assembly 204 on the left of the gamepad device 200 since a left vibration is larger a user detects the direction of the left. When the direction of the right is outputted the actuator 202 on the right-hand side of a device is provided with more amounts of average current. A user detects a strong vibration by one device side as directivity vibration. For example when a user's vehicles collide with a left barrier in a

game a left actuator outputs a stronger vibration and the direction of this collision can be shown.

[0070] According to division of the ordered size between two actuators a user acquires output inertia feeling in one between two actuator assemblies of positions. The more one power is strong the more a user senses that the actuator assembly which outputs the power of a result is nearer. This is the same as that of the position shown in above-mentioned drawing 4. Thus the one method of ordering it a direction is specifying "balance" parameter which was mentioned above or making a host order an actuator assembly directly. It is possible for Embodiment 200 similar to above-mentioned Embodiment 100 to be also able to realize the further actuator to use Embodiment 200 and to order and output the sweep effect.

[0071] Drawing 11 is a block diagram showing one embodiment of a tactile-sense feedback system suitable for use by this invention.

[0072] The host computer 14 contains the host microprocessor 400, the clock 402, the display screen 26 and the voice response device 404 suitably. A host computer also contains components of other common knowledge such as random access memory (RAM), read-only memory (ROM) and input/output (I/O) electronics (not shown). The display screen 26 displays the picture of game environment, the application of an operating system, a simulation, etc., and the voice response devices 404 such as a loudspeaker provide a user with voice response. The peripheral equipment of other kinds such as a storage device, printers (a hard disk drive, CD ROM drive, a floppy (R) disk drive, etc.), other input devices and an output device may also be combined with the host processor 400.

[0073] The interface devices 12 such as a mouse and a gamepad are combined with the host computer system 14 by the bi-directional bus 20. A bi-directional bus transmits a signal in the direction of either between the host computer system 14 and an interface device. The buses 20 may be serial interface buses such as other protocols of the common knowledge to RS232 serial interface, RS-422, Universal Serial Bus (USB), MIDI or a person skilled in the art may be parallel buses or may be radio links. Some interfaces can also supply electric power to the actuator of the device 12.

[0074] The device 12 may contain the local microprocessor 410. If needed, the local microprocessor 410 is formed in the housing of the device 12 and efficient communication with the other components of a mouse can be enabled. It is thought that the processor 410 is local for the device 12. In this specification a "local" points out the processor 410 in which all the processors in the host computer system 14 are divided microprocessors. A "local" points out the tactile feedback of the device 12 and the processor 410 only for sensor I/O suitably. The microprocessor 410 may be provided with the software directions which wait for the instructions or the request from the computer host 14, decodes instructions or a request and processes / controls an input signal and an output signal by instructions or a request. The processor 410 can operate independently from the host computer 14 by calculating

suitable power from the directions which read the sensor signal and were chosen in accordance with these sensor signals a time signal and host instructions and which were stored or relayed. The microprocessor 410 may include the function of one microprocessor chip two or more processors common processor chips and/or a digital signal processor (DSP).

[0075] The microprocessor 410 receives a signal from the sensor (singular number or plurality) 412 and can provide the actuator assembly 54 with a signal with the directions provided by the host computer 14 via the bus 20. For example in the embodiment of local control the host computer 14 provides the microprocessor 410 with surveillance instructions of a high level via the bus 20 and the microprocessor 410 decodes instructions and by instructions of a high level. And the force control loop of the low to the sensor and actuator which became independent of the host computer 14 is managed. This operation is indicated in detail by U.S. Pat. No. 5734373. In a host control loop it is directed that a force command is outputted to the microprocessor 410 from a host computer and makes the power or the sense of force which has the feature specified as the microprocessor output. The local microprocessor 410 reports the data of the position data etc. which indicate the position of a mouse with one or more given flexibility to a host computer. Data can indicate the state of the button 24 the d-pad 20 etc. A host computer updates the program executed using data. In a local control loop the actuator assembly 434 is provided with an actuator signal from the microprocessor 410 and the microprocessor 410 is provided with a sensor signal from the sensor 412 and other input devices 418. In this specification a term "feeling of a tactile sense" or "the feeling of contact" points out one power or a series of power which are outputted by the actuator assembly which provides a user with feeling. The microprocessor 410 processes the inputted sensor signal and can determine a suitable output actuator signal with the following stored directions. When a microprocessor determines locally the power which should be outputted on an user object a sensor signal is used for it or it can report the position data obtained from the sensor signal to a host computer.

[0076] In the embodiment of further others other easier hardwares are locally provided in the device 12 and a function similar to the microprocessor 410 can be provided. For example using the hardware state machine incorporating the fixed logic the actuator assembly 434 is provided with a signal a sensor signal is received from the sensor 412 and a contact signal may be outputted by a predetermined order algorithm or process. The art of realizing logic by the function of the request in hardware is common knowledge by a person skilled in the art.

[0077] In a different embodiment by which host control was carried out the host computer 14 can provide the force command of a low via the bus 20. These force commands are directly transmitted to the actuator assembly 434 via the microprocessor 410 or other circuit parts (for example it is easier). Therefore the host computer 14 controls directly and processes all the signals to the device 12 and all

the signals from the device 12.

[0078]In the embodiment of easy host controlthe signal from a host to a device may be one bit which shows whether an actuator is made into pulse form in predetermined frequency and size. In a more complicated embodimentthe signal from a host may include the size which provides predetermined pulse amplitudeand/or the direction which provides both a size and feeling to a pulse. In a more complicated embodimenteasy instructions are received from the host who shows the power value of the request given over many hours using a local processorit ranks second and a microprocessor may be outputted based on one instructions. In a more complicated embodimentinstructions of the high level provided with the feeling parameter of contact may be independently told to the local processor on the device which can give the precancer from a host's intervention. It is possible to use the combination of these methods to the one device 12.

[0079]Suitablyit is combined with the microprocessor 410 in the mouse 12and the local memories 422such as RAM and/or ROMstore the directions for microprocessor 410and store other temporary data. For exampleit is possible to store power profilesuch as a look-up table etc. of the stored power value of a series which may be outputted by the microprocessoror the power value which should be outputted based on the current position of an user objectin the memory 422. The local clock 424 is combined with the microprocessor 410and timing data similar to the system clock of the host computer 12 can be provided. Timing data is required in order tocalculate the power (for examplethe power depending on the calculated speed or the element depending on other time) outputted by the actuator assembly 434 for exampleand it is obtained. In the embodiment using a USB communication interfacethe timing data for microprocessor 410 may be taken out from a USB signal by turns.

[0080]The sensor 412 detects the position of a device and/or one or more MANIPYU randomor controlor movementor provides the microprocessor 410 (or host 14) with a signal including the information showing a position or movement. Including a digital optical encodera optical sensor systema linearity optical encodera potentiometera photosensora velocity sensoran acceleration sensorand strainmeterthe sensor of other kinds may also be used andas for a suitable sensor to detect operationeither a relative sensor or an absolute sensor may be provided. A sensor signal can be changed into the signal which may be understood by the microprocessor 410 and/or the host computer system 14 at a person skilled in the art using the photosensor interface 414 so that it may be common knowledge.

[0081]The actuator assembly 434 answers the signal received from the microprocessor 410 and/or the host computer 14and transmits power to the housing of the above devices 12. The actuator assembly 434 can generate an inertia force by moving inertial massfor example. The actuator of other kindssuch as an actuator which makes a member drive to the housing which generates the feeling of

contact can also be used.

[0082] The signal from the microprocessor 410 is changed into a suitable signal for the actuator interface 416 as connection between the actuator assembly 434 and the microprocessor 410 if needed and the actuator assembly 434 may be made to drive. The interface 416 may contain a power amplifier a switch a digital/analog converter (DAC) an analog-to-digital controller (ADC) and other components. When other input devices 418 are formed in the device 12 and it is operated by the user an input signal is transmitted to the microprocessor 410 or the host 14. Such an input device contains the button 24 the d-pad 20 etc. and may include the further button a dial a switch a scroll wheel other control or a mechanism.

[0083] The power supply 420 is established if needed in the device 12 combined with the actuator interface 416 and/or the actuator assembly 434 and an actuator is provided with electric power or it can provide as a separate component. Or electric power is lengthened from a power supply which is different in the device 12 or can be received via the bus 20. The received electric power is used when required in order to be stored and adjusted and to make the actuator assembly 434 drive with the device 12 or it may be used by an additional method. Some embodiments guarantee that the power of a peak may be given using the electric power storing device in a device (it is indicated to U.S. Pat. No. 5929607 like). Or this art may be used within wireless devices. In this case a contact actuator may be driven using a battery power source. It becomes possible to form the safety switch 432 and for a user to stop the actuator assembly 434 from the reasons of safe if needed.

[0084] Although this invention was explained from a viewpoint of some suitable embodiments it is thought that change the substitution and the equivalent of this invention become clear to a person skilled in the art when a specification is read and a drawing is examined. For example it is possible to output the feeling of the contact written in this specification using the embodiment from which many of tactile-sense feedback devices differ including a joy stick a steering wheel a gamepad and remote control. A specific term is used in order to describe clearly and in order to limit this invention it is not used.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing 1 is a perspective diagram of a gamepad tactile-sense feedback system suitable for using it for this invention.

[Drawing 2 a] Drawing 2 a is a flat-surface sectional view of the embodiment of the tactile-sense interface device containing two actuators for providing direction inertia feedback.

[Drawing 2 b] Drawing 2 b is a side view of the embodiment of the tactile-sense

interface device containing two actuators for providing direction inertia feedback.

[Drawing 3] Drawing 3 is a functional diagram showing the control method of this invention for using it for the embodiment of two actuators drawing 2 a – drawing 2 b.

[Drawing 4] Drawing 4 is a graphic display with an interface device and the possible near position a user may perceive a synthetic inertia force to be.

[Drawing 5 a] Drawing 5 a is a flat-surface sectional view showing another embodiment of the tactile-sense interface device containing two actuators and rotational inertia mass.

[Drawing 5 b] Drawing 5 b is a side view showing another embodiment of the antenna interface device containing two actuators and rotational inertia mass.

[Drawing 6] Drawing 6 is a graph which shows the relation of time versus amplitude with the control signal for providing a desired sinusoidal vibration and its vibration.

[Drawing 7] Drawing 7 is a graph which shows another example of the relation of time versus amplitude with the control vibration for providing a desired sinusoidal vibration and its vibration.

[Drawing 8] Drawing 8 a and 8b are graphs which show the control signal for rotating mass by two different actuator assemblies and controlling amplitude and frequency separately.

[Drawing 9] Drawing 9 a and 9b and 9c are graphs which show the electric power quota method of this invention about the control signal which has different frequency and/or overlap.

[Drawing 10] Drawing 10 a and 10b 10c and 10d are graphs which show the control signal of the control method of this invention for providing direction tactile feedback.

[Drawing 11] Drawing 11 is a block diagram showing one embodiment of a tactile-sense feedback system suitable for using it for this invention.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-199974
(P2003-199974A)

(43) 公開日 平成15年7月15日 (2003.7.15)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テーマコード* (参考) |
|---------------------------|------|---------------|--------------|
| A 6 3 F 13/06 | | A 6 3 F 13/06 | 2 C 0 0 1 |
| G 0 6 F 3/033 | | G 0 6 F 3/033 | A 5 B 0 8 7 |

審査請求 未請求 請求項の数39 O L (全 21 頁)

| | | | |
|-----------|--|----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2002-156517 (P2002-156517) 実願2002-600020 (U2002-600020) の 変更 | (71) 出願人 | 502191181 イマーシオン コーポレイション アメリカ合衆国 カリフォルニア 95131, サン ノゼ, フォックス レーン 801 |
| (22) 出願日 | 平成13年9月27日 (2001.9.27) | (72) 発明者 | ブラウン, アダム シー, アメリカ合衆国 カリフォルニア 94087, サニーベイル, オックスボウ コート 1314 |
| | | (74) 代理人 | 100078282 弁理士 山本 秀策 (外2名) |

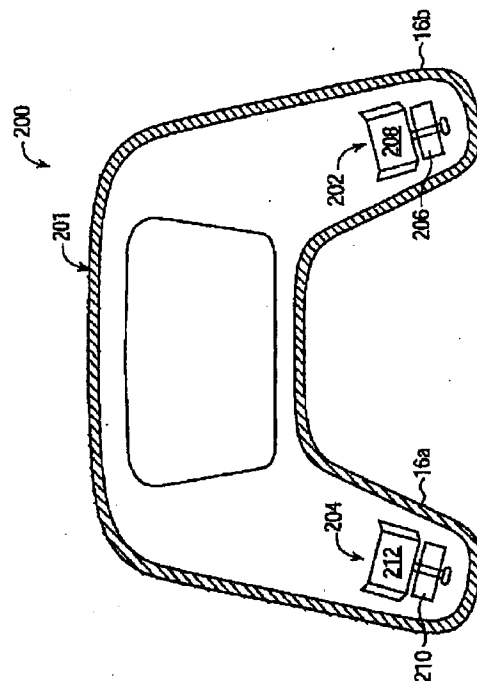
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 触覚フィードバックインターフェースデバイス用の方向接触フィードバック

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 触覚フィードバックインターフェースデバイス内に設けられた方向触覚フィードバックを提供する。

【解決手段】 インターフェースデバイス200は、それぞれが移動慣性質量206/210を含む、少なくとも二つのアクチュエータアセンブリ202、204を含む。異なる大きさで上記アクチュエータアセンブリ202、204に提供された一つの制御信号は、上記ユーザが感じる方向慣性感覚を提供する。より大きな大きさの波形を一つのアクチュエータ208/212に付与して、ハウジング内の上記アクチュエータの位置にほぼ対応する方向を有する感覚を提供し得る。別の実施形態において、上記アクチュエータアセンブリはそれぞれ回転慣性質量を含み、上記制御信号は異なるデューティサイクルを有して方向感覚を提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 方向触覚フィードバックをユーザに提供するインターフェースデバイスであって、該インターフェースデバイスはホストコンピュータと通信し、該デバイスは、

該ユーザが物理的に接触するハウジングと、

該ユーザからユーザ入力を検出する少なくとも一つのセンサと、

該ハウジングに結合された少なくとも二つのアクチュエータアセンブリであって、該アクチュエータアセンブリのそれぞれは移動慣性質量を含み、該アクチュエータアセンブリは該ハウジング内に位置決めされて該ハウジング上に方向慣性感覚を発生させ、一つの制御信号が該アクチュエータアセンブリのそれぞれに異なる大きさを提供されて、該ユーザが感じる該方向慣性感覚を提供する、アクチュエータアセンブリとを備える、インターフェースデバイス。

【請求項2】 前記波形のより大きな大きさが前記アクチュエータアセンブリのうちの特定のアクチュエータアセンブリに付与されて、前記ハウジング内の該特定のアクチュエータアセンブリの位置にほぼ対応する方向を有する感覚を提供する、請求項1に記載のインターフェースデバイス。

【請求項3】 前記波形のより大きな大きさが前記アクチュエータアセンブリのうちの左のアクチュエータアセンブリに付与されて左の方向を有する感覚を提供し、該波形のより大きな大きさが該アクチュエータアセンブリのうちの右のアクチュエータアセンブリに付与されて右の方向を有する感覚を提供する、請求項2に記載のインターフェースデバイス。

【請求項4】 前記コンピュータから高レベルの指令を受信して、該高レベルの指令によって前記アクチュエータアセンブリを制御するローカルプロセッサをさらに備える、請求項1に記載のインターフェースデバイス。

【請求項5】 前記高レベルの指令はバランスパラメータを含み、該バランスパラメータは、いかに前記アクチュエータアセンブリ間の出力電流を分割して、該アクチュエータアセンブリ間の軸に沿って前記方向慣性感覚の所望の位置を提供するかを示す、請求項4に記載のインターフェースデバイス。

【請求項6】 前記高レベルの指令は、前記慣性感覚の周波数および大きさを指定する周波数および大きさのパラメータを含み、該周波数および大きさは互いに独立する、請求項5に記載のインターフェースデバイス。

【請求項7】 前記高レベルの指令は、前記慣性感覚上のエンベロープを指定する少なくとも一つのエンベロープパラメータを含み、該エンベロープは該慣性感覚の大きさを改変する、請求項5に記載のインターフェースデバイス。

【請求項8】 前記アクチュエータアセンブリはそれぞ

れ、前記慣性質量を線形に振動させる、請求項1に記載のインターフェースデバイス。

【請求項9】 前記制御信号は高調波であり、前記慣性質量を二つの方向に駆動させる、請求項8に記載のインターフェースデバイス。

【請求項10】 前記制御信号は二つの制御信号に分割されて、該制御信号のうちの一つはもう一方の制御信号と位相が異なり、該制御信号はそれぞれ該アクチュエータアセンブリのうちの一つに送信される、請求項1に記載のインターフェースデバイス。

【請求項11】 前記アクチュエータアセンブリはそれぞれ前記慣性質量を回転させる、請求項1に記載のインターフェースデバイス。

【請求項12】 前記慣性質量は一つの回転方向でのみ回転する、請求項11に記載のインターフェースデバイス。

【請求項13】 前記アクチュエータアセンブリのそれぞれによって生成された個々の慣性感覚それぞれの大きさおよび周波数が、相互から独立して調整可能である、請求項12に記載のインターフェースデバイス。

【請求項14】 前記ハウジングは二つのグリップを含み、前記アクチュエータアセンブリそれぞれは該グリップのうちの一つにある、請求項1に記載のインターフェースデバイス。

【請求項15】 方向触覚フィードバックをユーザに提供するインターフェースデバイスであって、該インターフェースデバイスは、コンピュータの表示によって前記触覚フィードバックを提供し、該デバイスは、

該ユーザが物理的に接触するハウジングと、

該ユーザからユーザ入力を検出する少なくとも一つのセンサと、

該ハウジングに結合された少なくとも二つのアクチュエータアセンブリであって、該アクチュエータアセンブリはそれぞれ、一方向に駆動される回転慣性質量を含み、該アクチュエータアセンブリは該ハウジング内に位置決めされて該ハウジング上に方向慣性感覚を発生させ、制御信号が該アクチュエータアセンブリのそれぞれに異なるデューティサイクルで提供されて、該ユーザが感じる該方向慣性感覚を提供する、アクチュエータアセンブリとを備える、インターフェースデバイス。

【請求項16】 前記制御信号の指令された大きさが該アクチュエータアセンブリのうちの左のアクチュエータアセンブリに付与されて左の方向を有する感覚を提供し、該制御信号の指令された大きさが該アクチュエータアセンブリのうちの右のアクチュエータアセンブリに付与されて右の方向を有する感覚を提供する、請求項14に記載のインターフェースデバイス。

【請求項17】 前記コンピュータから高レベルの指令を受信して、該高レベルの指令によって前記アクチュエータアセンブリを制御するローカルプロセッサをさらに

備える、請求項15に記載のインターフェースデバイス。

【請求項18】 前記高レベルの指令はバランスパラメータを含み、該バランスパラメータは、いかに該アクチュエータアセンブリ間の出力振動の大きさを分割して、該アクチュエータアセンブリ間の軸に沿って前記方向慣性感覚の所望の位置を提供するかを示す、請求項17に記載のインターフェースデバイス。

【請求項19】 前記高レベルの指令は、前記慣性感覚の周波数および大きさを指定する周波数および大きさのパラメータを含み、該周波数および大きさは互いに独立する、請求項18に記載のインターフェースデバイス。

【請求項20】 前記高レベルの指令は、前記慣性感覚上のエンベロープを指定する少なくとも一つのエンベロープパラメータを含み、該エンベロープは該慣性感覚の大きさを改変する、請求項18に記載のインターフェースデバイス。

【請求項21】 前記制御信号のうちの一つはもう一方の制御信号と位相が異なり、該制御信号はそれぞれ該アクチュエータアセンブリのうちの一つに送信される、請求項15に記載のインターフェースデバイス。

【請求項22】 前記制御信号のうちの一つはもう一方の制御信号と位相が異なる、請求項15に記載のインターフェースデバイス。

【請求項23】 前記制御信号のうちの一つは、該制御信号が同時にONに決してならないように前記もう一方の制御信号と組み合わせられる、請求項22に記載のインターフェースデバイス。

【請求項24】 前記制御信号のうちの一つが前記もう一方の制御信号と同時にONになる場合に、該制御信号のうちの少なくとも一つは所定の周波数およびデューティサイクルでパルス状にされて、該アクチュエータアセンブリのうちの少なくとも一つの平均電力要件を減少させる、請求項15に記載のインターフェースデバイス。

【請求項25】 方向触覚フィードバックを、インターフェースデバイスを操作するユーザに提供する方法であって、該インターフェースデバイスはホストコンピュータと通信し、該方法は、
該インターフェースデバイスの該操作に基づいて該ユーザから入力を検出する工程と、
該ユーザが物理的に接触する該インターフェースデバイスのハウジング上に方向慣性感覚を出力する工程であって、該方向慣性感覚は少なくとも二つのアクチュエータアセンブリによって発生し、該アクチュエータアセンブリはそれぞれ、慣性質量を移動させ、該アクチュエータアセンブリは該ハウジング内に位置決めされて該方向慣性感覚を発生させ、一つの制御信号は該アクチュエータアセンブリのそれぞれに異なる大きさを提供されて、該ユーザが感じる該方向慣性感覚を提供する、工程とを含む方法。

【請求項26】 前記波形のより大きな大きさは前記アクチュエータアセンブリのうちの特定のアクチュエータアセンブリに付与されて、前記ハウジング内の該特定のアクチュエータアセンブリの位置にほぼ対応する方向を有する感覚を提供する、請求項25に記載の方法。

【請求項27】 前記波形のより大きな大きさが前記アクチュエータアセンブリのうちの左のアクチュエータアセンブリに付与されて左の方向を有する感覚を提供し、該波形のより大きな大きさが該アクチュエータアセンブリのうちの右のアクチュエータアセンブリに付与されて右の方向を有する感覚を提供する、請求項26に記載の方法。

【請求項28】 前記コンピュータから高レベルの指令を受信して、該高レベルの指令によって前記アクチュエータアセンブリを制御するローカルプロセッサをさらに含み、該高レベルの指令はバランスパラメータを含み、該バランスパラメータは、いかに該アクチュエータアセンブリ間の出力電流を分割して、該アクチュエータアセンブリ間の軸に沿って該方向慣性感覚の所望の位置を提供するかを示す、請求項26に記載の方法。

【請求項29】 前記高レベルの指令は、前記慣性感覚の周波数および大きさを指定する周波数および大きさのパラメータを含み、該周波数および大きさは互いに独立する、請求項28に記載の方法。

【請求項30】 前記アクチュエータアセンブリはそれぞれ、前記慣性質量を線形に振動させ、前記制御信号は高調波であり、該慣性質量を二つの方向に駆動させる、請求項25に記載のインターフェースデバイス。

【請求項31】 前記制御信号は二つの制御信号に分割されて、該制御信号のうちの一つはもう一方の制御信号と位相が異なり、該制御信号はそれぞれ前記アクチュエータアセンブリのうちの一つに送信される、請求項25に記載のインターフェースデバイス。

【請求項32】 前記アクチュエータアセンブリはそれぞれ前記慣性質量を回転させる、請求項25に記載のインターフェースデバイス。

【請求項33】 方向触覚フィードバックを、インターフェースデバイスを操作するユーザに提供する方法であって、該インターフェースデバイスはホストコンピュータと通信し、該方法は、
該インターフェースデバイスの該操作に基づいて該ユーザから入力を検出する工程と、
該ユーザが物理的に接触する該インターフェースデバイスのハウジング上に方向慣性感覚を出力する工程であって、該方向慣性感覚は少なくとも二つのアクチュエータアセンブリによって発生され、該アクチュエータアセンブリのそれぞれは慣性質量を一方向に回転させ、該アクチュエータアセンブリは該ハウジング内に位置決めされて該方向慣性感覚を発生させ、制御信号は該アクチュエータアセンブリのそれぞれに異なるデューティサイクル

で提供されて、該ユーザが感じる該方向慣性感覚を提供する、工程とを包含する方法。

【請求項34】 前記制御信号の指令された大きさは前記アクチュエータアセンブリのうちの左のアクチュエータアセンブリに付与されて左の方向を有する感覚を提供し、該制御信号の指令された大きさは該アクチュエータアセンブリのうちの右のアクチュエータアセンブリに付与されて右の方向を有する感覚を提供する、請求項33に記載の方法。

【請求項35】 前記ホストコンピュータから受信された高レベルの指令は前記アクチュエータアセンブリを制御し、バランスパラメータを含み、該バランスパラメータは、いかに該アクチュエータアセンブリ間の出力振動の大きさを分割して、該アクチュエータアセンブリ間の軸に沿って前記方向慣性感覚の所望の位置を提供するかを示す、請求項33に記載の方法。

【請求項36】 前記高レベルの指令は、前記慣性感覚の周波数および大きさを指定する周波数および大きさのパラメータを含み、該周波数および大きさは互いに独立する、請求項35に記載の方法。

【請求項37】 前記制御信号のうちの一つはもう一方の制御信号と位相が異なる、請求項33に記載の方法。

【請求項38】 前記制御信号のうちの一つは、該制御信号が同時にONに決してならないように前記もう一方の制御信号と組み合わせられる、請求項37に記載の方法。

【請求項39】 前記制御信号のうちの一つが前記もう一方の制御信号と同時にONである場合に、該制御信号のうちの少なくとも一つは所定の周波数およびデューティサイクルでパルス状にされて、該アクチュエータアセンブリのうちの少なくとも一つの平均電力要件を減少させる、請求項33に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】（発明の背景）本発明は、概して、人間がコンピュータシステムとインタフェイスすることを可能にするインタフェイスデバイスに関し、より詳細には、ユーザがコンピュータシステムに入力を提供することを可能にし、かつ、コンピュータシステムがユーザに触覚フィードバック（haptic feedback）を提供することを可能にするコンピュータインタフェイスデバイスに関する。

【0002】ユーザは、コンピュータ上で機能およびタスクを実行するために、コンピュータによって表示される環境と相互作用し得る。このような相互作用のために使用される一般的な人間-コンピュータインタフェイスデバイスは、コンピュータシステムに接続されているマウス、ジョイスティック、トラックボール、ゲームパッド、ステアリングホイール、スタイラス、タブレット、感圧性の球面などを含む。典型的には、コンピュータは、ユーザによるジョイスティックハンドルまたはマウ

スなどの物理的な操作手段の操作に応じて環境をアップデートして、表示画面および音声スピーカを利用して視覚および音声のフィードバックをユーザに提供する。コンピュータは、インタフェイスデバイス上に設けられているセンサを通してユーザによるユーザ操作手段の操作を感知し、このセンサは、コンピュータに所各信号を送信する。いくつかのインタフェイスデバイスにおいて、運動感覚力フィードバック（kinesthetic force feedback）または接触フィードバック（tactile feedback）（より一般的には、本明細書中、「触覚フィードバック」として公知である）もまたユーザに提供される。これらの種類のインタフェイスデバイスは、インタフェイスデバイスのユーザ操作手段を操作しているユーザによって感知される物理的感覚を提供し得る。1つ以上のモータまたは他のアクチュエータは、ハウジングまたは操作手段に結合され、制御コンピュータシステムに接続されている。コンピュータシステムは、制御信号または命令をアクチュエータに送信することにより、表示されるイベントおよび相互作用と共に、かつ、それらと協同して出力を制御する。

【0003】多くの低コストの触覚デバイスは、慣性的に接地している（inertially-grounded）接触フィードバックを提供し、この接触フィードバックは、物理的（地球の）地面に対して移動している操作手段の動作の自由度に直接対応して力を出力する運動感覚性フィードバックよりも、慣性質量に関して力を伝達し、かつ、ユーザによって感知される。例えば、多くの現在利用可能なゲームパッドコントローラは、偏心質量を有するスピニングモータを含み、このスピニングモータは、ゲーム内で起きているイベントと協同して、コントローラのハウジングに力感覚を出力する。いくつかの触覚マウスデバイスにおいて、ピン、ボタン、またはマウスのハウジングは、制御されたカーソルと他のグラフィカルオブジェクトとの相互作用によって動かされ得、これらのハウジング領域に触ることによりユーザによって感知される。

【0004】このような安価な触覚コントローラの1つの問題は、異なる種類の力感覚をユーザに伝達する能力が制限されていることである。触覚の方向付けおよび調整に関して、開発者により多くの柔軟性を提供するデバイスがより望ましい。さらに、現在利用可能な慣性コントローラは、回転質量の一般的な方向への出力パルスおよび振動しか提供できない。従って、感覚は、任意の特定の方向に出力されていないようにユーザに感知されるが、デバイスのハウジング上へと単に出力されているように感知される。しかし、ゲームおよび他のコンピュータによって実施される環境における多くのイベントは方向ベースであり、現在の慣性触覚デバイスが提供し得ない触覚の方向性によって利益を得る。

【0005】（発明の要旨）本発明は、触覚フィードバックインタフェイスデバイス内に方向触覚フィードバック（directional haptic feedback）を提供することに向けられている。このような方向フィードバックに使用される、発明による触覚デバイスの電力効率の特徴についても説明する。

【0006】より詳細には、本発明のインタフェイスデバイスは、方向触覚フィードバックをユーザに提供し、このインタフェイスデバイスは、ホストコンピュータと通信している。このデバイスは、ユーザによって物理的に接触されるハウジングと、ユーザ入力を感じ取るための少なくとも1つのセンサとを含む。少なくとも2つのアクチュエータアセンブリは、それぞれ、移動している慣性質量を含み、方向慣性感覚（directional inertial sensation）をハウジングに引き起こすためにハウジング内に配置される。単一の制御信号がそれぞれのアクチュエータアセンブリに異なる振幅で提供され、ユーザによって感知される方向慣性感覚が提供される。好適には、より大きな振幅の波形がある特定のアクチュエータアセンブリに与えられ、ハウジング内のその特定のアクチュエータアセンブリの位置にほぼ対応する方向を有する感覚が提供される。例えば、左側のアクチュエータアセンブリにより大きな振幅を与えて、左の方向を有する感覚を提供する。

【0007】コンピュータから高レベルの命令を受信し、かつ、アクチュエータアセンブリを制御するローカルプロセッサが含まれ得る。この高レベルの命令は、アクチュエータアセンブリ間で出力電流を分割して、アクチュエータアセンブリ間の軸に沿う方向慣性感覚のための所望の位置を提供する方法を示すバランスパラメータを含み得る。アクチュエータアセンブリは、慣性質量を直線的に振動させ得るか、または、偏心回転質量を回転させ得る。制御信号は、2つの制御信号に分割され得、一方は他方の位相からずれており、それぞれはアクチュエータアセンブリの1つに送信される。本発明の方法は、同様に、方向慣性感覚の出力を可能にする。

【0008】本発明の別の局面において、インタフェイスデバイスが、方向触覚フィードバックをユーザに提供し、ユーザによって物理的に接触されるハウジングと、ユーザ入力を検出するための少なくとも1つのセンサとを含む。少なくとも2つのアクチュエータアセンブリは、それぞれ、一方向性によって駆動させられる回転慣性質量を含む。アクチュエータアセンブリは、ハウジング内に配置されて、方向慣性感覚をハウジングに引き起こし、ここで、制御信号がそれぞれのアクチュエータアセンブリに異なるデューティサイクルで提供されて、ユーザによって感知される方向慣性感覚が提供される。例えば、命令振幅の制御信号が左側のアクチュエータアセンブリに与えられて、左の方向を有する感覚が提供される。同様の制御が右の方向に関しても提供され得る。バ

ランスパラメータを含む高レベルの命令が使用され得、出力振動の振幅をアクチュエータアセンブリ間で分配する方法が示される。制御信号の一方は他方の位相からずれていることが可能である。制御信号はまた、制御信号が決して同じ時に存在しないようにインターレースされ得る。あるいは、制御信号の一方が他方と同じ時に存在する場合、一方または両方の信号は、所定の周波数およびデューティサイクルでパルスを与えられて、アクチュエータアセンブリの平均電力要件を減少させる。本発明の方法は、同様に、方向慣性感覚の出力を可能にする。

【0009】本発明は、有利なことに、低コストのアクチュエータを使用する接触フィードバックのための方向接触フィードバック感覚を提供する。これらの感覚は、これらの種類の触覚デバイスにおけるより多種多様な感覚を可能にし、ゲームで遊ぶ経験、または、他の種類のコンピュータアプリケーションと相互作用する経験がユーザにとってより満たされるものであることを可能にする。電力有効性の特徴もまた、低電力デバイスの実施形態を可能にして、本明細書中で開示される方向触覚を提供する。

【0010】本発明のこれらの利点および他の利点は、下記の本発明の詳細を読み、いくつかの図面をよく見ることににより当業者に明らかになる。

【0011】（好適な実施形態の詳細な説明）図1は、触覚フィードバックシステム10の透視図であり、この触覚フィードバックシステム10は、本発明に使用することに適しており、ユーザによるデバイスの操作に基づいてホストコンピュータに入力を提供することが可能であり、かつ、ホストコンピュータによって実行されるプログラム内で起きているイベントに基づいて、システムのユーザに触覚フィードバックを提供することが可能である。システム10は、ゲームパッドインタフェイスデバイス12およびホストコンピュータ14を含むゲームパッドシステム10として、例示的な形式で示される。

【0012】ゲームパッドデバイス12は、手持ち式コントローラの形式であり、ビデオゲームコンソールシステムのために現在利用可能な多くのゲームパッドの形および大きさに類似する。インタフェイスデバイス10のハウジング15は、グリップ突起部16aおよび16bにおいてデバイスを掴む2つの手を簡単に収容するように成形されている。図示の実施形態において、ユーザは、彼または彼女の指によって、デバイス12上の種々の制御にアクセスする。他の実施形態において、インタフェイスデバイスは、卓上または他の表面上に静止するデバイス、縦型アーケードゲーム機、ラップトップ型デバイス、または、着用式（worn on the person）、手持ち式、もしくはユーザの片手で使用される他のデバイスなどを含む多種多様な形式を取り得る。

【0013】方向パッド18がデバイス12上に含まれ

得、ユーザがホストコンピュータ14に方向性入力を提供することを可能にする。最も一般的な実施形態において、方向パッド18は、4つの拡張部分を有する十字形もしくはディスク、または、中心点から90度の間隔で四方に広がる方向性位置のようにおおよそ成形されており、ここで、ユーザは、拡張部分20の1つを下に押すことによって、対応する方向に関する方向性入力信号をホストコンピュータに提供し得る。

【0014】ハウジング15の表面から突出する1つ以上のフィンガージョイスティック26がデバイス12内に含まれ得、1以上の自由度によってユーザによって操作され得る。例えば、ユーザは、デバイスの各グリップ16aおよび16bを掴み、親指または指を使用して2自由度（または、いくつかの実施形態において、3以上の自由度で）ジョイスティック26を操作し得る。この動作は、ホストコンピュータ14に提供される入力信号へと変換され、方向パッド18によって提供される信号と異なる信号であり得る。いくつかの実施形態において、別の線形またはスピンの自由度が、ジョイスティックに提供され得る。他の実施形態において、ジョイスティック26の代わりに、または、それに加えて、球面が提供され得、ここで、球面の1つ以上の部分は、ハウジング15の左側、右側、上面、および／または下面から拡張し得、その結果、球面は、ユーザによって2回転自由度内で所定の位置で回転され得、ジョイスティックと同様に動作する。線形または回転自由度が、ジョイスティックに関して提供され得る。

【0015】ボタン24、ジョイスティック26、および方向パッド18の代わりに、または、それに加えて、他の制御が、ハウジング15を掴む手の簡単に届く範囲内に配置され得る。例えば、1つ以上のトリガボタンが、ハウジングの下面に配置され得、ユーザの指によって押され得る。他の制御もまた、デバイス12の種々の位置に提供され得、ゲーム内のスロットル制御のためのダイヤルまたはスライダー、4方向または8方向のハットスイッチ、ノブ、トラックボール、ローラまたは球面などを含む。任意のこれらの制御はまた、接触フィードバックなどの触覚フィードバックを提供され得る。

【0016】さらに、ユーザがデバイスを操作する際にユーザによって接触されるハウジング自体は、好適には、下記でより詳細に説明するように、接触フィードバックを提供する。ハウジングの移動可能な部分もまた、接触フィードバックを提供し得る。従って、ハウジングも接触フィードバックを提供し得、かつ、方向パッド18（または、他の制御）も別の接触フィードバックを提供し得る。触覚フィードバックを提供される他のボタンまたは他の制御のそれぞれもまた、他の制御とは別の接触フィードバックを提供し得る。

【0017】インタフェイスデバイス12は、任意のいくつかの種類の通信媒体であり得るバス32を介してホ

ストコンピュータ14に結合される。例えば、シリアルインタフェイスバス、パラレルインタフェイスバス、または、ワイヤレス通信リンク（無線、赤外線など）が使用され得る。特定の実施例は、ユニバーサルシリアルバス（USB）、IEEE 1394（Firewire）、RS-232、または他の規格を含み得る。いくつかの実施形態において、デバイスのアクチュエータのための電力は、バス32もしくは他のチャネルを通して伝達される電力によって供給または補足され得るか、または、電力供給／保存デバイスがデバイス12上に設けられ得る。

【0018】インタフェイスデバイス12は、ホストコンピュータ14に制御信号を報告し、ホストコンピュータ14からの命令信号を処理するために必要な回路を含む。例えば、センサ（および、その関連回路）を使用して、デバイスの制御の操作の感知および報告をホストコンピュータに行うことが可能である。デバイスはまた、好適には、ホストからの命令信号を受信し、かつ、1つ以上のデバイスアクチュエータを使用して命令信号によって接触感覚を出力する回路を含む。ゲームパッド12は、好適には、ゲームパッド12のハウジング上に力を生成するように動作可能なアクチュエータアセンブリを含む。この動作について、図2を参照して、下記でより詳細に説明する。

【0019】ホストコンピュータ14は、好適には、ビデオゲームコンソール、パーソナルコンピュータ、ワークステーション、または、1つ以上のホストマイクロセッサを典型的に含む他のコンピューティングもしくは電子デバイスである。Nintendo、Sega、またはSony製のシステムなどの種々のホームビデオゲームシステムの1つ、テレビの「セットトップボックス」、または、「ネットワークコンピュータ」などが使用され得る。あるいは、IBMと互換性があるパーソナルコンピュータもしくはMacintoshのパーソナルコンピュータなどのパーソナルコンピュータ、または、SUNもしくはSilicon Graphics製のワークステーションなどのワークステーションが使用され得る。あるいは、ホスト14およびデバイス12は、アーケードゲーム機、携帯型もしくは手持ち式のコンピュータ、車両用コンピュータ、または、他のデバイス内の単一のハウジング内に含まれ得る。ホストコンピュータシステム14は、好適には、周辺装置およびインタフェイスデバイス12を介してユーザが相互作用するホストアプリケーションプログラムを実施する。例えば、ホストアプリケーションプログラムは、ビデオもしくはコンピュータゲーム、医療シミュレーション、科学分析プログラム、実行システム、グラフィカルユーザインタフェイス、製図／CADプログラム、または他のアプリケーションプログラムであり得る。本明細書中、コンピュータ14は「グラフィカル環境」を提供すると言

われ得、このグラフィカル環境は、グラフィカルユーザインタフェイス、ゲーム、シミュレーション、または他の画像環境であり得る。コンピュータは、「グラフィカルオブジェクト」または「コンピュータオブジェクト」を表示し、これらのオブジェクトは、当業者に周知のように、物理的オブジェクトでないが、コンピュータ14によって表示デバイス34上に画像として表示され得るデータおよび/またはプロシージャの論理ソフトウェアユニットコレクションである。ソフトウェアを触覚フィードバックデバイスとインタフェイスさせる適切なソフトウェアドライバは、San Jose, CaliforniaのImmersion Corporationが販売している。

【0020】表示デバイス34は、ホストコンピュータ14内に含まれ得、標準表示画面(LCD、CRT、フラットパネルなど)、3-Dゴーグル、映像表示デバイス(例えば、プロジェクトもしくは車両内のヘッドアップディスプレイ)、または任意の他の画像出力デバイスであり得る。典型的には、ホストアプリケーションは、表示デバイス34および/または他のフィードバック上に表示されるべき聴覚信号などの画像を提供する。例えば、表示画面34は、GUIおよび/またはアプリケーションプログラムからのグラフィカルオブジェクトを表示し得る。

【0021】他の実施形態において、多くの他の種類のインタフェイスまたは制御デバイスが、本明細書中に説明される本発明に使用され得る。例えば、マウス、トラックボール、ジョイスティックハンドル、ステアリングホイール、ノブ、スタイラス、グリップ、タッチパッド、または他のデバイスが、本明細書中に説明するように、慣性触覚から利益を得ることが可能である。さらに、他の種類の手持ち式デバイスが、現在説明されている発明に使用することにより適しており、手持ち式のリモコンデバイスもしくは携帯電話、または、手持ち式の電子デバイスもしくはコンピュータなどが、本明細書中に説明される触覚フィードバック構成要素に使用され得る。本明細書中に説明される感覚は、例えば、デバイスの表面から垂直に出力され得るか、または、ジョイスティックハンドル、トラックボール、スタイラス、グリップ、ホイール、もしくはデバイス上にある他の操作可能なオブジェクトから出力され得るか、または、所望の方向または範囲に出力され得る。

【0022】作動中、インタフェイスデバイス12の制御はユーザによって操作され、この制御は、実施されているアプリケーションプログラム(単数または複数)をアップデートする方法をコンピュータに示す。デバイス12のハウジング15内に含まれる電子インタフェイスは、デバイス12をコンピュータ14に結合し得る。ホストコンピュータ14は、インタフェイスデバイスからの入力を受信し、この入力に応じてアプリケーションプ

ログラムをアップデートする。例えば、ゲームがグラフィカル環境を表し、ここで、ユーザは、方向パッド18、ジョイスティック26、および/またはボタン24を使用して、1つ以上のグラフィカルオブジェクトまたはエンティティを制御する。ホストコンピュータは、カフィードバック命令および/またはデータをデバイス12に提供して、デバイスに触覚フィードバックを出力させ得る。

【0023】図2aおよび図2bは、それぞれ、方向慣性フィードバックのために、本発明の一実施形態に使用するための2つのアクチュエータを含む、デバイス12の実施形態100の平面断面図および側面図である。図示の実施形態は、任意の慣性インタフェイスデバイスに使用され得るが、デバイスハウジングの異なる部分をユーザが両方の手によって握む手持ち式デバイスが最適であり得る。この実施形態は、説明を目的として、ゲームパッドとして説明される。ゲームパッドハウジング101は、ホストコンピュータシステムに入力を提供するためにユーザによって操作されるゲームパッド接触インタフェイスデバイス12を開示する。ユーザは、典型的には、各グリップ16を1つの手で握み、指を使ってハウジング101の中央部分にある入力デバイスを操作することによりデバイスを操作する。

【0024】ハウジング101は、好適には、2つの高調和振動ドライブのアクチュエータアセンブリ102および104を含む。これらのアクチュエータアセンブリは、任意の種々の方法によって実施され得る。最適なアクチュエータアセンブリは、高調和振動し得る慣性質量を提供し、かつ、慣性質量に中央揃いのばねの力を含み、有効かつ非常に制御可能な慣性感覚を可能にする。一実施形態において、図2～図8を参照して本明細書中に説明するアクチュエータアセンブリが使用され得る。他の実施形態において、アクチュエータアセンブリ102および104は、高調和振動ドライブのアクチュエータアセンブリであり得、このアクチュエータアセンブリは、慣性質量をほぼ直線的に振動させる湾曲部に結合されている回転モータ(または、他のアクチュエータ)を提供し、従って、接触フィードバックを提供する。慣性質量は、モータ自体であり得る。アクチュエータは、本明細書中に説明されるアクチュエータと同様に、例えば、正弦波などの周期的な制御信号と高調和振動して制御される。慣性質量は、任意の方向に振動させられ得る。例えば、矢印106によって示されるように、1つの所望な方向は上および下である。他の実施形態において、音声コイル(移動しているコイル)アクチュエータなどの他の種類のアクチュエータが使用され得る。さらに他の実施形態において、下記で説明するように、回転モータの軸上に提供される偏心質量などの回転慣性質量が使用され得る。

【0025】高調和振動ドライブのアクチュエータアセ

ンブリ102および104は、好適には、デバイスによって許容される最大の空間的な位置ずれが間にある状態で配置される。例えば、ゲームパッドの実施形態において、アセンブリ102および104は、ゲームパッドの異なるハンドグリップ16内に配置され得る。これにより、ユーザによって方向性の力がより簡単に感知されることが可能になる。アクチュエータアセンブリ102および104はまた、好適には、アクチュエータの大きさ、ばねの剛度、慣性質量、および減衰（提供される場合）などの関連特性が同じである。これにより、デバイスの各端部において慣性力がほぼ同じであることが可能になり、方向のバランシングがより効果的になることが可能になる。他の実施形態は、アクチュエータアセンブリの異なる間隔および／または大きさを含み得る。

【0026】図3は、図2a～図2bを参照して説明される2つのアクチュエータの実施形態100に使用するための本発明の制御方法を示す機能図（functional diagram）であり、この制御方法は、2つのアクチュエータアセンブリの間の位置におけるユーザによって空間的に配置され得る方向接触フィードバックを提供する。図3aの時間対電流のグラフ130は、初期制御波形132を示し、この初期制御波形132は、デバイスのアクチュエータによって出力されるべき基本振動を提供し、所望の周波数、持続時間、および振幅を有する。波形は、軸に沿って正の方向と負の方向との両方に質量を高調和振動させて駆動させる駆動関数である。この波形は、種々のパラメータによって所望のように調整され得る。例えば、図3bのグラフ134に示されるように、振動の持続時間の異なる点で所望のレベルに調整された振幅を有する波形138を提供するために、包絡線（envelope）136が適用され得る。他のアプリケーションにおいて、包絡線を適用する必要はない。

【0027】制御波形138がアクチュエータアセンブリに出力される（または、制御波形138を実施する制御信号が出力される）場合、各アクチュエータアセンブリに基本波形と同形状の波形が提供されるが、振幅は調整されており、その結果、命令された電流は、2つのアクチュエータアセンブリ102および104の間で分割される。ユーザが感知しない方向を有する振動または他の慣性力感覚を提供するために、両方のアクチュエータアセンブリに等しい量の電流が提供されて、等しい振幅の振動が各アクチュエータから出力される。しかし、慣性感覚が感知される方向を有する場合、一方のアクチュエータは、他方のアクチュエータよりも多くの電流が提供され、すなわち、他方のアクチュエータよりも一方のアクチュエータの方がより大きな振幅の慣性力を出力する。グラフ140および142は、グラフ134の波形から得られた、アクチュエータアセンブリ102および105に送信された制御波形を示す。これらのグラフ

は、「左」方向がユーザによって感知される状況を示す。グラフ140の波形144は、命令された100%振幅の70%の振幅であり、デバイスの左側の左アクチュエータ104に送信される。グラフ142の波形146は、命令振幅の30%（残りの量の電流）を有し、デバイスの右側のアクチュエータ102に送信される。右方向が出力される場合、デバイスの右側にあるアクチュエータ102に多くの量の電流（より大きな振幅）が提供される。ユーザは、方向性振動として、より強い振動をデバイスの一方に感知する。

【0028】接触感覚の方向性は、ゲームなどの多くのアプリケーションに有用であり得る。例えば、ゲーム内のユーザの車が左側の障壁に衝突する場合、左アクチュエータがより強い振動を出力して、この衝突の方向を示し得る。プレイヤーのキャラクターが左側を殴られる場合、左の振動が出力され得る。

【0029】2つのアクチュエータ間の振幅の分割によって、ユーザは、2つのアクチュエータアセンブリのどこか間にある位置で、出力の慣性感覚を感知する。ユーザは、ある一方の力が強いほど、そのアクチュエータアセンブリの近くでその結果として生じる力が出力されるように感知する。例えば、図4は、アクチュエータアセンブリ102および104が示されるゲームパッド100の図を示す。軸152は、ユーザが結果として生じる慣性力を感知し得る可能なおおよその位置を示す。図3の波形命令から、左アクチュエータアセンブリ104は、右アクチュエータアセンブリ102（30%）より大きな力（70%）を出力し、ユーザは、そのより大きな振幅に比例して左アクチュエータにより接近して配置される、ハウジング101のおおよその位置150で、慣性力が出力されるように感知する。慣性感覚が同じ基本波形によって命令され、従って、同じ周波数で同期して出力されるため、これは効果的である。振幅の分割は、軸152に沿う任意の点で感知方向を出力するような任意の所望の方法で変えられ得る。

【0030】このやり方で方向を命令する1つの方法は、「バランス」パラメータを特定することである。例えば、ホストコンピュータは、デバイス12上のローカルプロセッサに高レベルの命令を提供し得る。この高レベルの命令は、周波数、振幅、包絡線アタック（envelope attack）およびフェードパラメータ、ならびに、バランスパラメータなどのパラメータを含み得る。バランスパラメータは、例えば、ある範囲内の数字として特定され得る。例えば、0～90の範囲が、ベクトルの力方向をシミュレートするために使用され得る。45の値がアクチュエータアセンブリの出力間の正確なバランスを示し、その結果、慣性力がデバイスの両側で均等に感じられる。45以下の値は左側の力の振幅がより大きいことを示し、値0まで同様である。この値0は、命令電流の100%が左アクチュエータを制

御し、右アクチュエータの出力がないことを示す。値90は、右アクチュエータが完全な出力を有し、左アクチュエータが出力を有さないように制御する。あるいは、割合は、左アクチュエータなどのデフォルトアクチュエータアセンブリに特定かつ適用され得る。例えば、値65は、命令振幅の65%が左アクチュエータに適用されるべきであり、命令の振幅の残りの35%が右アクチュエータに適用されることを示す。ローカルプロセッサは、命令バランスによって2つの出力制御信号のスケールリングを実行し得、かつ、各アクチュエータアセンブリ102および104に適切な調整信号を提供し得る。

【0031】あるいは、ホストコンピュータは、各アクチュエータに調整制御信号を直接送信することにより、または、ホストから伝達された制御信号を各アクチュエータに送信することをローカルプロセッサに直接指示することにより、バランス機能を直接命令し得る。

【0032】実施形態100の重要な機能は、両方のアクチュエータアセンブリが、好適には、同期かつ同相のままであることである。単一の波形を使用して両方のアクチュエータを制御するが、波形の振幅は、方向またはバランスが崩れた感覚を慣性力に示すために変えられる。従って、ある一方の質量がより早く加速して、質量の元の位置からより多くの距離を移動し、結果として、そのアクチュエータアセンブリからより大きな力が出力される以外は、各アクチュエータアセンブリの質量は調和して振動する。これにより、空間の配置によって単一の感覚が創造されるため、ユーザは、方向性をよりよく感知することが可能になる。他の実施形態において、アクチュエータは非同期であり得るが、これにより、力感覚に提供される方向性がより少なくなる傾向がある。

【0033】別のアクチュエータが他の実施形態に含まれ得る。例えば、振幅振動を増加させるために、左側に2つのアクチュエータが提供され得、右側に2つのアクチュエータが提供され得る。あるいは、接触フィードバックに別の方向を提供するために、別のアクチュエータが、前、後ろ、上部、または下部の位置に配置され得る。好適には、各アクチュエータは、利用可能な電力の所望の割合で同じ波形を受信して、方向性を達成する。例えば、3つのアクチュエータアセンブリが三角形の構成で提供される場合、結果として生じる慣性力感覚を感知する位置は、3つ全てのアクチュエータアセンブリの間のどこかに配置され、力の位置に第2の寸法を効果的に追加する。この位置は、各アクチュエータアセンブリへの電流の振幅を適切に調整することにより調整され得る。

【0034】実施形態100によって達成され得る別の重要な方向の効果は、慣性力の「一掃」である。このような一掃は、アクチュエータアセンブリ間の電流のバランスを継続的に変化させ、その結果、2つのアクチュエータの実施形態において、慣性力の感知位置を右から左

または左から右へと（または、実施されるような他の方向に）滑らかに移動させる。例えば、ローカルプロセッサは、高レベルの一掃命令によって、特定の持続時間にわたって（上記の慣例を用いて）0から90へと継続的かつ均等にバランスパラメータを変化させるように命令され得る。持続時間を変化させることにより、早い一掃またはより遅い一掃が命令され得る。次いで、一掃の間に各アクチュエータアセンブリが受信する命令電流の割合にローカルプロセッサを変化させると、ユーザは、デバイスの左側で開始し、右側の方へ軸152におおよそ沿って移動し、かつ、右アクチュエータで終了する慣性力を感じ得る。これにより、例えば、ゲーム内のユーザの車が右側で衝突する場合、慣性振動は、この衝突の方向を伝達するために、右側から左側へと高速に（例えば、1〜2秒で）一掃され得る。3つ以上のアクチュエータアセンブリを含む実施形態において、力の位置は、感知位置が全てのアクチュエータの間の所望の経路を移動するように電流を分割することにより、2つの寸法に一掃され得る。

【0035】他の制御機能は、左アクチュエータアセンブリと右アクチュエータアセンブリとの間のバランス制御に加えて（または、その代わりに）、左アクチュエータアセンブリと右アクチュエータアセンブリとの間の位相シフトの使用を含み得る。例えば、各アクチュエータに送信される制御波形の間（従って、慣性質量の振動の間）の90度の位相シフトは、交互のビーティング効果（alternating beating effect）（左-右）と共に、周波数が倍になった印象をユーザに与え得る。これは、感知されるより高い周波数において、より高い振幅の力感覚を可能にし得る。なぜならば、低い周波数に伴う慣性質量の大きな位置ずれが依然として生じているが、ユーザによって感知される結果は、より高い周波数であるからである。さらに、共振周波数は有用であり得る。例えば、アクチュエータアセンブリの共振周波数が約40Hzである場合、90度だけ位相を相移された2つの（同じ種類の）アクチュエータアセンブリを実行させることにより、強いピークの振幅は40Hzで生じ、別の強いピークは80Hzで生じる。

【0036】さらに、5〜10度などの小さな位相シフトは、主要周波数（master frequency）のようにユーザに感じられるが、ユーザが、力の各インパルスがより長持ちするような印象を受けるため、各パルスは少しだけ強く感じられる。さらに、10〜30度などのより大きな位相シフトは、「スタッターステップ」（すなわち、振動の各サイクルにおける力の急速なポップポップ（pop-pop））の興味深い感覚をユーザに与え得る。位相はまた、高レベルの命令のパラメータとしてデバイスに送信され得る。

【0037】最後に、180度の大きな位相シフトが、

ユーザにとって接触感覚を非常に興味深いものと感じさせ得る。なぜならば、あるアクチュエータの慣性質量が、上に移動し、かつ、移動の限界に達する間、他のアクチュエータの他の慣性質量が、下に移動し、かつ、下の限界に達するからである。これにより、ゲームパッドまたは他のインタフェースデバイスのおおよそ中心にトルク（例えば、ゲームパッド全体が、軸152上のおおよそ中心点の周りを回転しているような感覚）を負わせ得る。あるサイクルにおいて、トルクはある回転方向であり、次のサイクルにおいて、トルクの回転方向は逆になり、従って、交互のトルクが提供される。この感覚は、慣性質量が同相の状態で移動する場合より、ユーザにとってより強烈に感じられ得る。別の実施形態において、正規化された（例えば、正の方向などの1つの方向にのみ提供される）方形波が命令されて、慣性質量は、元の位置から1つの方向にのみ移動させられ得る。次いで、この波形は、2つのアクチュエータアセンブリの間で180度だけ位相を移相され得る。これにより、トルクの方向が決して切り換えない時計回りのピーティングトルクが引き起こされ得る。あるいは、波形が負の方向に正規化される場合、反時計回りのピーティングトルクが引き起こされる。

【0038】別の実施形態において、アクチュエータアセンブリ102および104からの左・右の慣性感覚は、例えば、ホストコンピュータによって出力されるステレオ（左・右）音声と協調され得る。例えば、ゲーム内のユーザ、または、ホストコンピュータ、テレビ、もしくは他のデバイス上の音声・映像表示の上を飛行機が飛び得、この飛行機の音は、左のスピーカから始まって右のスピーカに移動して出力されて、位置的な音声効果を表す。左および右のアクチュエータアセンブリによって出力される力感覚は、協調して、音と調和して、インタフェースデバイスの左側から出力を開始し、右側に移動し得る。力感覚はまた、パン撮りするカメラからの眺めなどの表示される画像と同期され得る。いくつかの実施形態において、力感覚の振幅はまた、例えば、音の大きさと相互に関係し得る。ホストコンピュータは、力感覚に命令して、ホストも制御している音声または映像と同期させ得る。

【0039】上記の接触効果の全ておよびその変化例は、所望の効果を達成するために種々の方法によって組み合わせられ得る。従って、本発明のアクチュエータアセンブリの制御方式を使用することにより、多種多様の接触効果が可能である。

【0040】図5aおよび図5bは、それぞれ、方向慣性フィードバックのために本発明の別の実施形態に使用される2つのアクチュエータを含むデバイス12の別の実施形態200の平面断面図および側面図である。ゲームパッドハウジング201は、2つのアクチュエータアセンブリ202および204を含む。上記の実施形態に

おいて、アクチュエータアセンブリは、線形的に調和して振動させられ得る慣性質量を含む。図5aおよび図5bに示される本実施形態において、アクチュエータアセンブリ202および204は回転慣性質量を含み、偏心回転質量（ERM）206が右グリップ16b内のアセンブリ202内のアクチュエータ208の回転軸に結合され、偏心回転質量（ERM）210が左グリップ16a内のアセンブリ204内のアクチュエータ212の回転軸に結合される。アクチュエータ208は、グリップ16a内のハウジング201に厳格に（または、対応して）結合されており、アクチュエータ212は、グリップ16b内のハウジング201に厳格に（または、対応して）結合されている。偏心質量206および210は、くさび形、円柱形、または他の形であり得る。回転されると、質量は、その動作の範囲内で偏心慣性質量が移動するため、ハウジング201を振動させる。

【0041】高調和振動ドライブのアクチュエータアセンブリ202および204は、好適には、デバイスによって許容される最大の空間的な位置ずれが間にある状態で配置される。例えば、ゲームパッドの実施形態において、アセンブリ202および204は、ゲームパッドの異なるハンドグリップ16aおよび16b内に配置され得る。これにより、ユーザによって方向性の力がより簡単に感知されることが可能になる。他の実施形態において、アセンブリ202および204は、ハウジングの他の領域内に配置され得るが、この場合も、好適には、かなりの空間距離によって離されている（例えば、ハウジングの反対側）。アクチュエータアセンブリ202および204は、それぞれの関連特性（アクチュエータの大きさ、慣性質量、および減衰（提供される場合））が同じであり得、デバイスのそれぞれの端部において慣性力がおおよそ同じように感知されることを可能にし、方向感覚が効果的であることを可能にする。他の実施形態において、異なる大きさまたは他の特性を有するアクチュエータアセンブリが使用され得る。

【0042】（一方向ERMモータによる接触感覚の制御）図5a～図5bに示される慣性回転アクチュエータアセンブリは、慣性質量が回転されると、インタフェースデバイス12のユーザに振動および衝撃を出力し得る。これらの方法において、周期的な触覚効果の周波数および振幅は、別個に変化し得、かつ、ERMアクチュエータなど（ただし、これに限定されない）の単一自由度の一方向ドライブのアクチュエータに表示され得る。

【0043】多くの標準的なゲームパッド振動触覚デバイスは、固定された振幅および周波数でERMを回転させ、これらの2つは、堅固に結合されている。例えば、高い周波数の振動は、必然的に高い振幅であり、低い周波数の振動は、必然的に低い振幅である。図5a～図5bの実施形態に使用するために説明され、かつ、上記の用途で説明された制御の方法は、1自由度（DOF）の

一方方向ドライブの回転アクチュエータの振幅および周波数の別個の変化を可能にし、すなわち、高価な双方向電流ドライバを使用する必要はない。なぜならば、ERMは、1つの回転方向にのみ駆動される必要があるからである。この技術は、ERMが、減衰正弦波または重ね合わされた波形などの複雑な振動を創造することを可能にするため、重要である。従来のデバイスのERMは、その速度におおよそ線形的に結合された振幅を有していた。本発明は、余分なクラッチ、回路、または機械部品を利用せずに、これらの制御方法（例えば、ローカルマイクロプロセッサのファームウェアまたはデバイス12の他のコントローラに実施されている）だけを使用して、ERMモータを使用して任意の振幅の周波数の範囲を実行し得る。本明細書中に説明する制御方法は、回転モータだけでなく、他の種類の回転または線形の1DOFアクチュエータ（例えば、移動する磁石モータ、ソレノイド、ボイスコイルアクチュエータなどを含む）に適用され得ることに留意されたい。

【0044】この制御方法において、周波数命令、振幅命令、および関数（すなわち、正弦波、方形波、三角波）が、パラメータまたは入力としてファームウェアに供給され得る。その次に、PCなどのパーソナルコンピュータで使用される既存のImmer sion/Dir ect Xプロトコルが行われ、ここで、振動は、振幅、周波数、および関数の種類のパラメータ（ならびに、所望であれば、別のパラメータ）によって制御される。これらのパラメータの等価物が、他の実施形態で供給され得る。

【0045】図6に示される時間対振幅の関係を示すグラフ250に例が示される。周波数5 Hzおよび50%振幅の正弦波252が、デバイスによって出力されるべき所望の振動として示される（この図、および次の同様の図の全ては、1秒の入力および出力信号を得る）。この制御方法は、波形のそれぞれの周期がどこで始まるか（または、始まるべきか）を決定し、1つの周期につき特定の持続時間だけ、制御信号254をより高いまたは「オン」レベルに上昇させる。制御信号254は、他の時間は「オフ」または低い状態である。「オン」レベルは、モータを活動させ、ERM206または210をその単一の回転方向に回転させる。従って、周期的な制御信号は、所望（命令）の周波数に基づく周波数を有する。制御信号254を使用して、アクチュエータを1つの周期につき1回脈動させることにより、特定の周波数を有する振動の感知がユーザに伝達される。制御信号は、図示のように周期の最初に高レベルに上昇され得るか、または、周期内の他の時間に高レベルに上昇され得る。

【0046】周期的効果の振幅は、制御信号のデューティサイクルを調整することにより描かれる（例えば、制御信号254の各周期における持続時間（「周期毎のオ

ンタイム」））。制御信号254はオンかオフかのいずれかであるが、制御信号がオンのままである周期毎の時間は、振幅命令またはパラメータによって決定される。図6において、可能な振幅の50%を有する正弦波がリクエストされる。本発明によって、このリクエストされた振幅は、250 ms毎に15 msの間オンになる制御信号254を生成する。比較のために、同じ周波数を有する100%振幅の波形が図7に示され、グラフ254と同様のグラフ260が示される。制御信号264は、周波数命令が変化していないため、上記の制御信号254と同じ間隔でオンになる。しかし、制御信号264がオンのままでいる時間は2倍であり、振動の振幅が2倍であるようにユーザに感じさせる。制御信号がオンである時間が長いほど、アクチュエータが加速する時間も長くなる。本発明の場合、ERMはより大きな角速度に達し、力は角速度の2乗に比例するため、ユーザの手により大きな力が感知される。好適には、質量は回転を止めることを決して許容されず、その結果、静止摩擦を克服する必要があるのは、たった一度（回転の最初）だけである。制御信号が長くオンのままでありすぎると、回転質量は、複数回循環し、最終的には、自然（共振）の周波数に達する。この時、ユーザは、命令された周波数でなく、システムの自然の周波数を感知する。

【0047】従って、本発明によって、1）制御信号がどのくらいの頻度でオンになるかは、周波数命令に直接依存し、2）制御信号がどのくらいの長さオンのままであるか（制御信号のオンタイム）は、振幅命令に係る。制御信号のオンタイムの決定は、異なる方法で達成され得る。本明細書中、2つの異なる方法が示される。第1に、オンタイムは、「周期の割合」として調整され得る。制御信号が、各周期の固定された割合の時間だけオンになる場合、周波数が増加すると、周期毎のオンタイムは減少する。さらに、制御信号は、より頻繁にオンになる。最終結果として、周波数に関わりなく、制御信号が各秒に同じ時間だけオンになることが挙げられる。この技術は、周波数が増加すると、アクチュエータに一定の力が加えられ、周波数の範囲にわたって感知される大きさは同じであり続けるという利点を提供する。

【0048】所望の振動を命令することに関するこの「周期の割合」による技術の問題は、多くの実施形態において、比較的低い周波数でうまく機能し得ないことである。低い周波数（例えば、いくつかの実施形態において、2 Hzより低い周波数）において、大きすぎる力が、アクチュエータに一回で加えられる。例えば、1秒間から得られる力の全てが、周期の最初に連続的な125 msで加えられる場合、このオンタイムの間、回転アクチュエータは、制御信号が高いまま何回か循環し、その結果、この125 msの間の振動（パルス）出力は、命令周波数ではなく、アクチュエータの回転速度の周波数としてユーザによって感知される。従って、デバイス

による振動出力は、命令（低い）周波数に対応し得ない。

【0049】本発明の第2の方法は、低い周波数におけるこの問題を回避し得、従って、多くのERM振動触覚デバイスに関して振動を出力するより適切な方法を提供し得る。第2の方法は、周期の割合ではなく、周期毎の固定された最大時間に関して、制御信号を高く設定する。従って、任意の周波数に関する100%振幅のオンタイムは同じである。100%より低い命令振幅のオンタイムは、100%より低い命令振幅の量に比例してより低くなる。これにより、周期毎の最大オンタイムが有効に確立され、1回の連続的なオンタイムの間に複数回の循環を行うほど長くアクチュエータがオンであることを防止する。アクチュエータが複数回の循環（例えば、いくつかの実施形態において、約2〜3回以上）を行うことが許容される場合、ユーザは、命令周波数（例えば、10Hzより低くあり得る周波数）ではなく、アクチュエータの回転速度に基づくより高い周波数を感知する。この方法は、この結果を防止する。いくつかの実施形態において、特定のモータに関するより低い周波数における100%振幅のリクエストは、単一周期に関して1パルスより多いとユーザに感知させるような循環回数よりほんの少し少ない回数（例えば、2〜3循環など）によって質量を回転させるオンタイムと同一視され得る。このオンタイムは、実験的に決定され得る。第2の技術の欠点は、周波数が増加すると、離れているオンタイムがより接近し、アクチュエータが最終的には、実際に、1周期よりも長くオンであるようにリクエストされることである。この時点で、制御信号は常にアソートされ、質量は恒常的に回転し、周波数および振幅はもはや別個に変化しない。

【0050】大きさを制御信号のONタイムにマッピングする二つの技術は、周波数範囲のうちの異なる部分に対して適するため、好適な実施形態は、二つの技術を組み合わせたり融合して、各方法の欠点を回避する。好適な組み合わせの方法において、第二の方法は、指令された周波数が特定の融合閾値周波数より下である場合のみ用いられ、第一の方法は、この閾値周波数より上の指令された周波数に対して用いられ得る。制御信号の大きさが変化する場合でも融合は可能である。第一に、システムの動力学に基づいて融合閾値を選択する。融合周波数はONタイムが最長である周波数である。したがって、この周波数の100%の大きさに対応するONタイムの各期間に対して一つの振動パルス（例えば、2質量回転）を提供する融合周波数が選択されるべきである。例えば、上述のような大きなモータ／質量の組み合わせを用いた場合、10Hzを融合閾値周波数として用いることが可能である。10Hzより上の指令された周波数に対して、第一の方法（「期間の比率」）を用いて制御信号のONタイムを計算し、10Hzより下の指令された

周波数に対して、第二の方法（「期間ごとの固定時間」）を用い得る。他の実施形態において他の閾値が用いられ得る。二つの方法を融合するには、二つの方法の最大の大きさが融合閾値周波数で一致する（すなわち、方法間の移行がスムーズである）ようにスケラを選択する。例えば、10Hzで制御信号のONタイムが25msであると、10Hzで100%の大きさの振動が生成され得る。指令された周波数が10Hzより下の数値から融合周波数に接近する場合、「期間の比率」の方法は10Hzで25msのONタイムを生成するようにスケリングされ、用いられるスケラは保持され、10Hzより上の周波数に対するこの方法に適用される。所望の効果に応じて、例えば、融合領域の擬態帯（mimic band）パスフィルタまたは融合閾値周波数のいずれか一方の側のローパス／ハイパスの組み合わせなど、より高度な融合技術が用いられ得る。

【0051】周波数とは無関係の大きさの指令を可能にする別の方法は、制御信号に対して二つのレベルのみを有するのではなく、リクエストされた大きさに比例して制御信号254の振幅を変化させることである。これは単独で実行され得るか、または上述の第一の方法および第二の方法のいずれかまたは両方と共に実行され得る。例えば、変動振幅を有する他の種類の波形を制御信号（正弦波、三角波など）として用い得る。制御信号の振幅を設定または変化させる一つの効率的な方法は、上述したような制御信号用に選択されたONタイムの間にパルス幅変調（PWM）を提供したり、または所定の他の方法を用いてONタイムの間に制御信号デューティサイクルを変化させることである。しかし、PWMは別個のPWMモジュールを必要と得、これによりデバイスのコストが増加し得る。PWM方式を避けるために、上述の第一の方法および第二の方法を、ビットバンギング（bit-banging）によって実行し得る。ビットバンギングでは、ローカルのマイクロプロセッサは、PWMモジュールを用いずにアクチュエータに直接制御信号を出力する。ビットバンギングによって、制御信号の大きさは直接制御され得ず、PWMモジュールの要件が排除され、プロセッサまたはインターフェースデバイスのコストが潜在的に減少する。

【0052】図5a〜図5bの実施形態にあるように、振動の大きさおよび周波数を独立に変化させる上述の技術を複数のアクチュエータ上に同時に用いることが可能である。この制御技術に関するさらなる発明の特徴を以下に説明する。

【0053】（電力効率用の制御信号の組み合わせ）上述の制御信号を用いて、相互に独立した出力振動の大きさおよび周波数を制御する。この制御方法を、アクチュエータアセンブリ202および204などの複数のアクチュエータに対して用いることが可能である。例えば、それぞれが専用制御信号を用いるアセンブリ202およ

び204の両方を同時に作動することが可能である。

【0054】複数のアクチュエータアセンブリを同時に動作させる一つの問題は、著しい電力量がアクチュエータを駆動させるために必要であることである。いくつかの実施形態において、利用可能な電力が少ないと、複数のアクチュエータアセンブリの使用が制限され得る。例えば、インターフェースデバイス12が、固有の専用電源を有さず、USB（これも限られた量の電力を提供する）などの通信チャネルを介してホストコンピュータ14から電力供給される場合、アクチュエータアセンブリを動作させるために利用可能な電力量はかなり制限される。または、ホストコンピュータに対して無線リンクのみを有するインターフェースデバイス12の場合、限られた電力を有する電池（または他の携帯の電力格納デバイス）をインターフェースデバイス内で用いてアクチュエータを駆動する。このよう電力制限がある多くの場合、二つ以上のアクチュエータアセンブリを同時に用いると、さほど強くない触覚（haptic）の感覚が出力される。

【0055】本発明の一方法によって、二つのアクチュエータアセンブリを制限された利用可能な電力量で同時に動作することが可能になる。図8aおよび図8bは、上述のようにERMを回転させて、大きさおよび周波数を独立に制御する制御信号を示すグラフ270および272である。グラフ270は、一つのアクチュエータアセンブリ（例えば、アセンブリ202）に付与された制御信号274を示し、グラフ272はもう一方のアクチュエータアセンブリ（例えば、アセンブリ204）に付与された制御信号276を示す。制御信号274および276は、同じ周波数ならびに期間T1およびT2を有する。制御信号274は、信号がHIGHの場合ONタイムを有し、信号がLOWの場合OFFタイムを有し、デューティサイクルは約40%であることが示される。制御信号274がONの間、利用可能な電力のすべてまたはほとんどを用いてモータが回転されるため、大きい振動が提供される。しかし、制御信号274がONの間、制御信号276はOFFのままである。制御信号274がOFFの場合のある時点で制御信号276がONになり、制御信号274がONに戻る前に信号276はOFFになる。したがって、制御信号276は信号274から位相がシフトされ、これによって、制御信号が同時にONになることが決してない。これによって、任意のある時間にすべての利用可能な電力を一つのアクチュエータに対して用いることが可能になり、利用可能な電力を、二つのアクチュエータアセンブリ202と204との間で分割する必要はない。

【0056】あるいは、制御信号276を、制御信号274の後に少しだけ遅らせることも可能である。これは、ERMが休止（または他の状態）から回転を開始するためにより多くの電力を必要とするが、回転を維持す

るためには多くの電力を必要とし得ない場合に有用であり得る。例えば、両方のERMに必要な開始電流が利用可能な電力量より大きい場合、一つのERMに必要な開始電流にもう一方のERMに必要な回転電流を足した電流は、利用可能な電力量内にあり得、したがって、第一のERMが開始および回転した直後に第二のERMが開始することが可能になる。いくつかの実施形態において、制御信号の組み合わせを少なくすると、ユーザが感じる振動がより効果的になる。なぜならば、各アクチュエータアセンブリから結果として生じる振動が、より同期に生じるようになり、互いに「弱め合う（wash out）」可能性が低いからである。

【0057】制御信号274および276の周波数およびデューティサイクル（移行したONタイム幅）を変化させて、図6および図7に関して上述したような種々の振動の大きさを生成し得る。このように変化された場合、制御信号は、好適には、同じ周波数およびデューティサイクルで維持される。これにより、例えば、あたかもハウジング全体から、ハウジングの両側から等しく生成される出力など、ユーザにとっては非方向性の振動が生成される。

【0058】図6および図7に関して上述したような方法で用いられた制御信号は、好適には、50%より大きいデューティサイクルを有さない。なぜならば、多くの実施形態において、これにより、アクチュエータアセンブリが指令された周波数ではなく自然な周波数で動作するようになるからである。例えば、ユーザは指令された周波数ではなく、継続的に回転するERMの周波数を感じる。したがって、この方法は効果的であり得、かつ、組み合わせが可能であるため、電力を割り当てて、限られた電力量でできるだけ強い振動を提供し得る。したがって、この組み合わせの方法により、電力効率方式において二つのアクチュエータによって出力される振動の大きさおよび周波数を独立して制御することが可能になる。

【0059】図9aおよび図9bは、異なる周波数および／または重複を有する制御信号に関する、本発明の電力割り当て方法を示すグラフ280および282である。グラフ280は特定の周波数および期間T1を有する制御信号284を示し、グラフ282は特定の周波数および期間T2を有する制御信号286を示す。ONタイムの信号は、時間Aの量（通常、各期間ごとに異なる）だけ重複する。重複は、50%より大きいデューティサイクルが必要な所定の環境、または制御信号が異なる周波数および／またはデューティサイクルである場合に回避し得ない場合がある。例えば、一つのアクチュエータアセンブリ202に、ある周波数で振動を出力するように指令したり、他のアクチュエータアセンブリ204に、異なる周波数で振動を出力するように指令したりして、ユーザが感じる特定の触覚の感覚を達成し得る。

【0060】本発明によって、制限された電力量をこのような状況で用いることを可能にするには、好適には、制御信号を、重複時間Aの間に所定のデューティサイクルおよび周波数でOFFおよびONにする。これにより、両方のアクチュエータが動作している場合に、各アクチュエータに対する平均電力消費を減少させることが可能になり、したがって、利用可能な電力量を効率的に用いることが可能になる。例えば、図9cに示すように、制御信号284は、重複時間期間Aの間、特定のデューティサイクルおよびより高い周波でパルス状にされ、これにより、この重複の間に制御信号284の電力要件を減少させることが可能になる。これは実質的に、PWMタイプの制御である。これにより、アクチュエータの振動出力の大きさが減少する（これは、ユーザにはわずかにしか分からない）。一方、制御信号286も、重複期間の間に（図9bにおいて点線288によって示すように）特定のデューティサイクルおよび周波数でパルス状にされる。したがって、利用可能な電力を二つのアクチュエータアセンブリ間で共有して、各アクチュエータによる出力が減少し、利用可能な電力量内になる。図面では、重複の間の制御信号の図示する周波数を用い得る実際の周波数より低く誇張して示す。

【0061】制御信号が重複期間の間にパルス状にされるデューティサイクルおよび／または周波数を、インターフェースデバイス12の動作特徴（例えば、アクチュエータ、ERM、増幅器の特徴）から決定し得る。重複の間に両方のアクチュエータを電力量内で動作することを可能にする所定のレベル（例えば、制御信号が継続的にONのままである場合、効果的な重複の大きさは全大きさの75%であり得る）に、制御信号の電力要件を減少するようにデューティサイクルを選択することが可能である。通常、重複期間の間、パルスが同時にONにならないように制御信号を調整する必要はない。これは、制御信号の比較的高い周波数に起因するため、両方の制御信号がHIGHであっても、コンデンサなどの駆動回路内のコンポーネントが所定の電力レベルを維持するだけに十分に充電されることが可能になる。他の実施形態において、制御信号が同時にONにならないように、重複期間の間の制御信号を調整し得、可能であれば、時間が交代するごとにONにし得る。重複期間の間の制御信号の周波数は、コンデンサを有する駆動回路の能力および所望の電力レベルを維持する他のエネルギー格納コンポーネントに基づいて選択される。

【0062】いくつかの実施形態において、重複期間の間の制御信号のデューティサイクルを、二つの制御信号の周波数または期間Tに基づいて調整し得る。例えば、通常、制御信号の期間T1およびT2が短くなればなるほど（すなわち、周波数が高くなればなるほど）、アクチュエータを動作するために必要な電力が多くなる。いずれかまたは両方の制御信号が短い期間を有する場合、

重複の間の制御信号のデューティサイクルが減少し、より少ない電力が消費され得る（すなわち、重複期間の間の効果的な大きさが小さくなる）。いくつかの実施形態において、期間T1またはT2が非常に長い場合、ERMはONタイムの後半の間に運動量を得るため、必要な電力がより少なくなり得る。重複期間の間の制御信号のデューティサイクルを決定する場合に、これが考慮され得る。いくつかの実施形態において、高周波振動が、他のアクチュエータによって出力されたより低い周波数の振動によって「弱め」られないように、高周波の制御信号に対するデューティサイクルを増加させ得る。

【0063】制御信号はそれぞれ、アクチュエータアセンブリの個々の特徴に基づいて、重複期間の間、異なるデューティサイクルおよび／または周波数を有し得る。いくつかの実施形態において、一つの制御信号のみが重複期間の間にパルス状にされる。

【0064】ローカルプロセッサ（図11参照）は、いかに移相が信号を制御し、および／またはいかに重複期間の間に制御信号をパルス状にするかを制御し得る。例えば、図5aおよび図5bの別のONタイムの実施形態において、マイクロプロセッサは制御信号が送信された場合にモニタリングし得、他の制御信号がOFFの場合、一つの制御信号しか送信し得ない。

【0065】上述の電力効率制御方法を、類似の制御信号またはONタイムを有する他の信号を用いて制御され得る他の種類のアクチュエータを有する他の実施形態にも用いることが可能である。

【0066】（回転慣性アクチュエータアセンブリを用いた方向感覚）上述の制御方法を用いて、電力が制限されたデバイスにおいて相互に独立した出力振動の大きさおよび周波数を制御することが可能である。この制御方法を、上述の方向慣性触覚の感覚を出力する方法と共に用いることも可能である。

【0067】図10a、図10b、図10cおよび図10dはそれぞれ、グラフ310、312、314および316であり、図5a～図5bに関して説明した二つのアクチュエータの実施形態で用いる、本発明の制御方法における制御信号を示す。この制御信号は、方向接触（tactile）フィードバック（この場合、二つのアクチュエータ間の位置にいるユーザによって空間的位置が察知され得る接触フィードバック）を提供する。グラフ310および312は、図8aおよび図8bの信号に類似し、図6および図7の方法によって決定されるような所定の振動の大きさおよび周波数を生じる制御信号318および320を示す。制御信号を、所望の場合には、期間、包絡線などの他のパラメータを用いて調整し得る。

【0068】所望のパラメータを決定した後、制御信号をさらに改変して、以下に説明する方向性または「バランス」を提供する。図10cのグラフ314において、

制御信号322がONタイムの際に減少して、第一のアクチュエータアセンブリに、より小さな平均電流が提供される。一方、図10dのグラフ316において、制御信号324がONタイムの際に、制御信号322の減少した量と同じ量だけ増加して、より大きな平均電流が第二のアクチュエータアセンブリに提供される。したがって、第一のアクチュエータアセンブリはさらに電力量を提供され、第二のアクチュエータは、第一のアクチュエータにさらに供給された電力量だけ少ない電力が提供される。例えば、制御信号324は、より大きなデューティサイクル（例えば、25%だけ増加したデューティサイクル）を有するため、より多くの電力がアクチュエータに提供され、より強い振動が出力される。制御信号322は、対応する量（25%）だけ低いデューティサイクルを有するため、このアクチュエータから出力される振動の大きさがより低くなる。これにより、指令された大きさの全100%が、二つのアクチュエータアセンブリ間で異なって分配される。

【0069】したがって、振動の大きさは、二つのアクチュエータアセンブリ202と204との間で指令された大きさを分割することによってスケールされる。ユーザが方向を感知しない振動または他の慣性力感覚を提供するために、両方のアクチュエータアセンブリは、等しい電力量（平均電流）を提供され、これにより、図10a～図10bにあるように、等しい大きさの振動が各アクチュエータから出力される。しかし、慣性感覚が方向を感知する場合、制御信号のONタイムが調整される。すなわち、一つのアクチュエータは、もう一方より多い平均電流を提供され、もう一方のアクチュエータによって出力される慣性力より大きな大きさの慣性力がこのアクチュエータによって出力される。制御信号324がゲームパッドデバイス200の左のアクチュエータアセンブリ204に付与された場合、左の振動がより大きい場合、ユーザは左の方向を感知する。右の方向が出力された場合、デバイスの右側のアクチュエータ202は、より多くの平均電流量を提供される。ユーザは、方向性振動としてデバイスの一方の側により強い振動を感知する。例えば、ゲームでユーザの車両が左の障壁にぶつかった場合、左のアクチュエータがより強い振動を出力して、この衝突の方向を示し得る。

【0070】二つのアクチュエータの間の指令された大きさの分割に応じて、ユーザは二つのアクチュエータアセンブリ間のいずれかの位置において出力慣性感覚を得る。一方の力が強ければ強いほど、ユーザは結果の力を出力するアクチュエータアセンブリがより近いと感じる。これは、上述の図4に示す位置と同様である。このように方向を指令する一つの方法は、上述したような「バランス」パラメータを指定したり、ホストにアクチュエータアセンブリに直接指令させることである。さらなるアクチュエータを、上述の実施形態100に類似し

た実施形態200でも実現し得、実施形態200を用いて掃引効果を指令および出力することが可能である。

【0071】図11は、本発明での使用に適した触覚フィードバックシステムの一実施形態を示すブロック図である。

【0072】ホストコンピュータ14は、好適には、ホストマイクロプロセッサ400、クロック402、表示画面26および音声出力デバイス404を含む。ホストコンピュータは、ランダムアクセスメモリ（RAM）、リードオンリーメモリ（ROM）および入力／出力（I/O）エレクトロニクス（図示せず）などの他の周知のコンポーネントも含む。表示画面26は、ゲーム環境の画像、オペレーティングシステムのアプリケーション、シミュレーションなどを表示し、スピーカなどの音声出力デバイス404は、ユーザに音声出力を提供する。記憶デバイス（ハードディスクドライブ、CD-ROMドライブ、フロッピー（R）ディスクドライブなど）、プリンタ、他の入力デバイスおよび出力デバイスなどの他の種類の周辺機器もホストプロセッサ400に結合され得る。

【0073】マウス、ゲームパッドなどのインターフェースデバイス12は、双方向バス20によってホストコンピュータシステム14に結合される。双方向バスは、ホストコンピュータシステム14とインターフェースデバイスとの間でいずれかの方向で信号を送信する。バス20は、RS232シリアルインターフェース、RS-422、ユニバーサルシリアルバス（USB）、MIDIまたは当業者に周知の他のプロトコルなどのシリアルインターフェースバスであっても、パラレルバスであっても、無線リンクであってもよい。いくつかのインターフェースも、デバイス12のアクチュエータに電力を供給し得る。

【0074】デバイス12は、ローカルマイクロプロセッサ410を含み得る。必要に応じて、ローカルマイクロプロセッサ410を、デバイス12のハウジング内に設けて、マウスの他コンポーネントとの効率的な通信を可能にし得る。プロセッサ410は、デバイス12にとってローカルであると考えられる。本明細書において、「ローカル」は、ホストコンピュータシステム14内のあらゆるプロセッサとは分けられたマイクロプロセッサであるプロセッサ410を指す。さらに、「ローカル」は、好適には、デバイス12の触覚フィードバックおよびセンサI/O専用のプロセッサ410を指す。マイクロプロセッサ410は、コンピュータホスト14からの指令またはリクエストを待つソフトウェア指示を提供され得、指令またはリクエストをデコードし、指令またはリクエストによって入力信号および出力信号を処理／制御する。さらに、プロセッサ410は、センサ信号を読み出し、これらのセンサ信号、時間信号、ホスト指令と一致して選択された、格納または中継された指示から適

切な力を計算することによって、ホストコンピュータ14から独立して動作し得る。マイクロプロセッサ410は、一つのマイクロプロセッサチップ、複数のプロセッサおよび／または共同プロセッサチップ、および／またはデジタル信号プロセッサ(DSP)の機能を含み得る。

【0075】マイクロプロセッサ410は、センサ(単数または複数)412から信号を受信して、ホストコンピュータ14によってバス20を介して提供される指示によって、信号をアクチュエータアセンブリ54に提供し得る。例えば、ローカルの制御の実施形態において、ホストコンピュータ14はバス20を介してマイクロプロセッサ410に高レベルの監視指令を提供し、マイクロプロセッサ410は指令をデコードし、高レベルの指令により、かつ、ホストコンピュータ14から独立したセンサおよびアクチュエータに対する低レベルの力制御ループを管理する。この動作は、米国特許第5,734,373号により詳細に記載される。ホスト制御ループにおいて、力指令は、ホストコンピュータからマイクロプロセッサ410に出力されて、マイクロプロセッサに、指定された特徴を有する力または力覚を出力させるように指示する。ローカルのマイクロプロセッサ410は、一つ以上の所与の自由度でマウスの位置を記載する位置データなどのデータをホストコンピュータに報告する。データは、ボタン24の状態、d-パッド20なども記載し得る。ホストコンピュータは、データを用いて実行されたプログラムを更新する。ローカルの制御ループにおいて、アクチュエータ信号は、マイクロプロセッサ410からアクチュエータアセンブリ434に提供されて、センサ信号は、センサ412および他の入力デバイス418からマイクロプロセッサ410に提供される。本明細書において、用語「触覚の感覚」または「接触の感覚」は、ユーザに感覚を提供するアクチュエータアセンブリによって出力される一つの力または一連の力を指す。マイクロプロセッサ410は、入力されたセンサ信号を処理して、以下の格納された指示によって適切な出力アクチュエータ信号を決定し得る。マイクロプロセッサは、ユーザオブジェクト上で出力されるべき力をローカルに決定する際にセンサ信号を用いたり、センサ信号から得られた位置データをホストコンピュータに報告し得る。

【0076】さらに他の実施形態において、他のより簡単なハードウェアをデバイス12にローカルに設けて、マイクロプロセッサ410に類似した機能を提供し得る。例えば、固定された論理を組み込んだハードウェア状態マシンを用いて、信号をアクチュエータアセンブリ434に提供して、センサ412からセンサ信号を受信して、所定の順序、アルゴリズムまたはプロセスによって接触信号を出力し得る。ハードウェア内の所望の機能で論理を実現する技術は当業者によって周知である。

【0077】異なるホスト制御された実施形態において、ホストコンピュータ14は、バス20を介して低レベルの力指令を提供し得る。これらの力指令は、マイクロプロセッサ410または他の(例えば、より簡単な)回路部を介して、アクチュエータアセンブリ434に直接伝送される。したがって、ホストコンピュータ14は、デバイス12へのすべての信号およびデバイス12からのすべての信号を直接制御および処理する。

【0078】簡単なホスト制御の実施形態において、ホストからデバイスへの信号は、所定の周波数および大きさにおいてアクチュエータをパルス状にするか否かを示す一つのビットであり得る。より複雑な実施形態において、ホストからの信号は、所定のパルス強度を提供する大きさ、および／またはパルスに対して大きさおよび感覚の両方を提供する方向を含み得る。より複雑な実施形態において、ローカルプロセッサを用いて、時間をかけて付与される所望の力値を示すホストから簡単な指令を受信して、次いで、マイクロプロセッサは一つの指令に基づいて出力し得る。より複雑な実施形態において、接触の感覚パラメータを備えた高レベルの指令が、ホストの介入から独立して、全感覚を付与し得るデバイス上のローカルプロセッサに伝えられ得る。これらの方法の組み合わせを、一つのデバイス12に対して用いることが可能である。

【0079】RAMおよび／またはROMなどのローカルメモリ422は、好適には、マウス12内のマイクロプロセッサ410に結合されて、マイクロプロセッサ410用の指示を格納し、一時的な他のデータを格納する。例えば、マイクロプロセッサによって出力され得る一連の格納された力値、またはユーザオブジェクトの現在位置に基づいて出力されるべき力値のルックアップテーブルなどのカプロファイルメモリ422内に格納することが可能である。さらに、ローカルクロック424をマイクロプロセッサ410に結合して、ホストコンピュータ12のシステムクロックに類似したタイミングデータを提供し得る。タイミングデータは、例えば、アクチュエータアセンブリ434によって出力される力(例えば、計算された速度に依存した力、または他の時間に依存した要素)を計算するために必要であり得る。USB通信インターフェースを用いた実施形態において、マイクロプロセッサ410用のタイミングデータは、USB信号から交代で取り出され得る。

【0080】センサ412は、デバイスおよび／または一つ以上のマニピュランダムまたは制御の位置または運動を感知したり、位置または運動を表す情報を含む信号をマイクロプロセッサ410(またはホスト14)に提供する。操作を検出することに適切なセンサは、デジタル光エンコーダ、光センサシステム、線形光エンコーダ、電位差計、光センサ、速度センサ、加速センサ、ひずみ計を含み、または他の種類のセンサも用いられ得、

相対センサまたは絶対センサのいずれかが提供され得る。当業者に周知であるように、光センサインターフェース414を用いて、センサ信号をマイクロプロセッサ410および／またはホストコンピュータシステム14によって理解され得る信号に変換し得る。

【0081】アクチュエータアセンブリ434は、マイクロプロセッサ410および／またはホストコンピュータ14から受信された信号にตอบสนองして、上述のようなデバイス12のハウジングに力を伝送する。アクチュエータアセンブリ434は、例えば、慣性質量を移動させることによって慣性力を生成し得る。接触の感覚を生成するハウジングに対して部材を駆動させるアクチュエータなどの他の種類のアクチュエータも用い得る。

【0082】アクチュエータインターフェース416を、必要に応じて、アクチュエータアセンブリ434とマイクロプロセッサ410との間に接続として、マイクロプロセッサ410からの信号を適切な信号に変換して、アクチュエータアセンブリ434を駆動させ得る。インターフェース416は、電力増幅器、スイッチ、デジタル／アナログコンバータ(DAC)、アナログ／デジタル制御器(ADC)および他のコンポーネントを含み得る。他の入力デバイス418を、デバイス12内に設けて、ユーザによって操作された場合に、入力信号をマイクロプロセッサ410またはホスト14に送信する。このような入力デバイスは、ボタン24、d-パッド20などを含み、さらなるボタン、ダイヤル、スイッチ、スクロールホイールまたは他の制御またはメカニズムを含み得る。

【0083】電源420を、必要に応じて、アクチュエータインターフェース416および／またはアクチュエータアセンブリ434に結合されたデバイス12内に設けて、電力をアクチュエータに提供したり、別個のコンポーネントとして提供し得る。あるいは、電力を、デバイス12とは異なる電源から引いたり、バス20を介して受け取り得る。さらに、受け取られた電力はデバイス12によって格納および調整され得、アクチュエータアセンブリ434を駆動させるために必要な場合に用いられ、または補足的な方式で用いられ得る。いくつかの実施形態は、(米国特許第5,929,607号に記載されるように)デバイス内の電力格納デバイスを用いて、ピークの力が付与され得ることを保証する。あるいは、この技術は無線デバイス内で用いられ得る。この場合、バッテリー電源を用いて、接触アクチュエータを駆動し得る。必要に応じて、安全スイッチ432を設けて、ユーザが安全上の理由からアクチュエータアセンブリ434を停止させることが可能になる。

【0084】本発明をいくつかの好適な実施形態の観点から説明したが、本発明の変更、置換および均等物は、明細書を読み図面を検討した際に当業者に明らかとなる

と考えられる。例えば、ジョイスティック、ステアリングホイール、ゲームパッドおよびリモートコントロールを含む、触覚フィードバックデバイスの多くの異なる実施形態を用いて、本明細書に記載する接触の感覚を出力することが可能である。さらに、特定の用語は、記述を明らかにする目的で用いられ、本発明を限定するためには用いられない。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明に使用することに適しているゲームパッド触覚フィードバックシステムの透視図である。

【図2a】図2aは、方向慣性フィードバックを提供するための2つのアクチュエータを含む触覚インタフェースデバイスの実施形態の平面断面図である。

【図2b】図2bは、方向慣性フィードバックを提供するための2つのアクチュエータを含む触覚インタフェースデバイスの実施形態の側面図である。

【図3】図3は、図2a～図2bの2つのアクチュエータの実施形態に使用するための本発明の制御方法を示す機能図である。

【図4】図4は、インタフェースデバイスと、ユーザが合成慣性力を感知し得る可能なおよその位置との図示である。

【図5a】図5aは、2つのアクチュエータと回転慣性質量とを含む触覚インタフェースデバイスの別の実施形態を示す平面断面図である。

【図5b】図5bは、2つのアクチュエータと回転慣性質量とを含む触覚インタフェースデバイスの別の実施形態を示す側面図である。

【図6】図6は、所望の正弦波振動とその振動を提供するための制御信号との時間対振幅の関係を示すグラフである。

【図7】図7は、所望の正弦波振動とその振動を提供するための制御振動との時間対振幅の関係の別の例を示すグラフである。

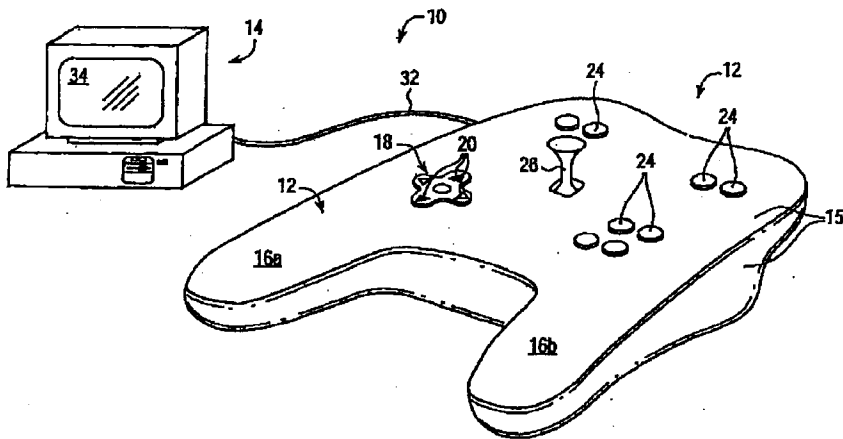
【図8】図8aおよび8bは、2つの異なるアクチュエータアセンブリによって質量を回転させ、かつ、振幅および周波数を別個に制御するための制御信号を示すグラフである。

【図9】図9a、9bおよび9cは、異なる周波数および／またはオーバーラップを有する制御信号に関する本発明の電力割当て方法を示すグラフである。

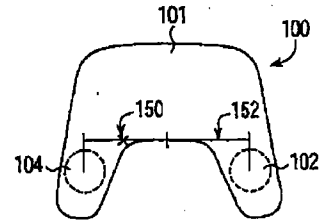
【図10】図10a、10b、10cおよび10dは、方向触覚フィードバックを提供するための本発明の制御方法の制御信号を示すグラフである。

【図11】図11は、本発明に使用することに適している触覚フィードバックシステムの一実施形態を示すブロック図である。

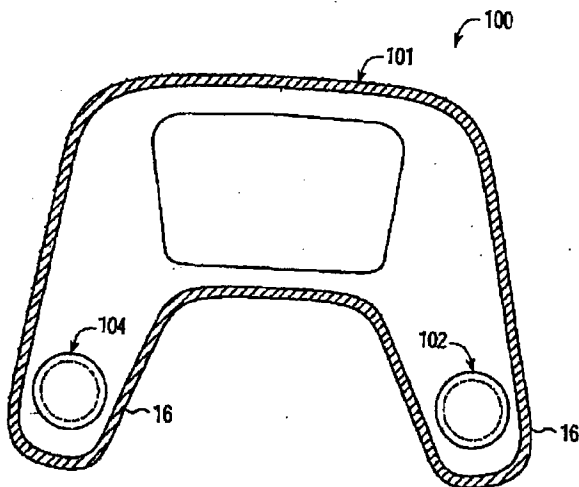
【図1】



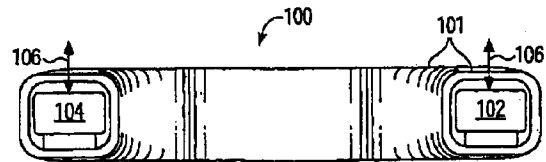
【図4】



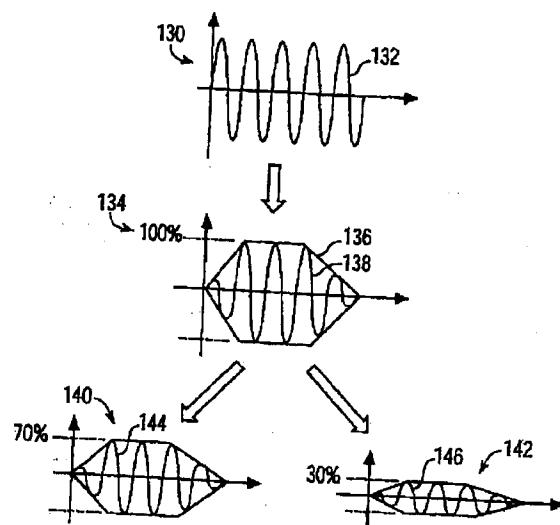
【図2 a】



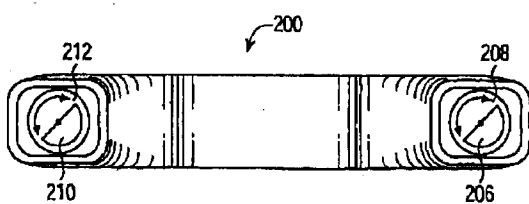
【図2 b】



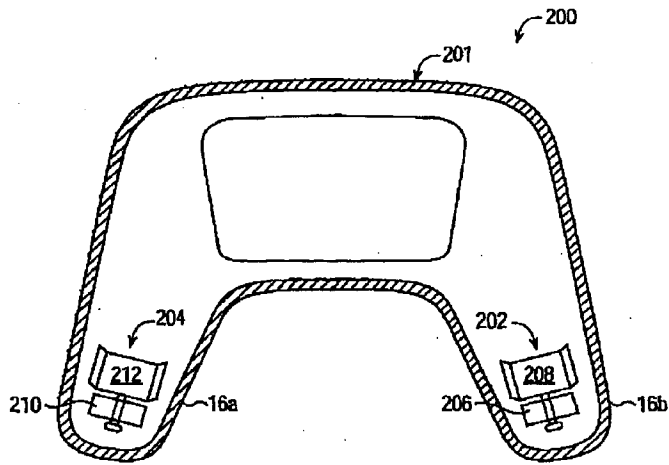
【図3】



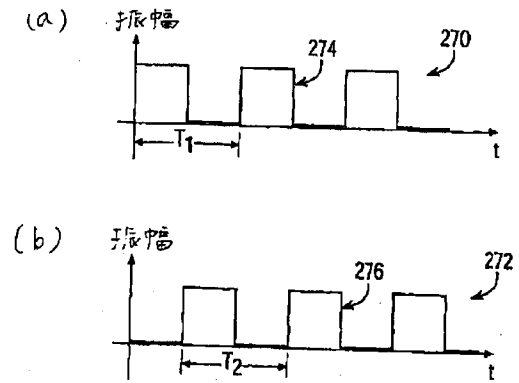
【図5 b】



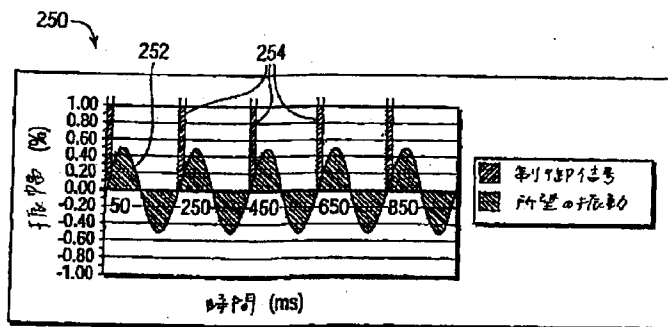
【図5a】



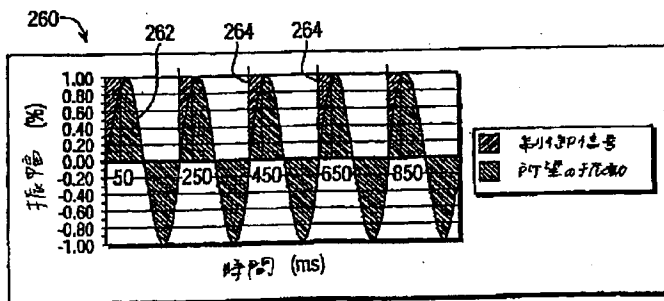
【図8】



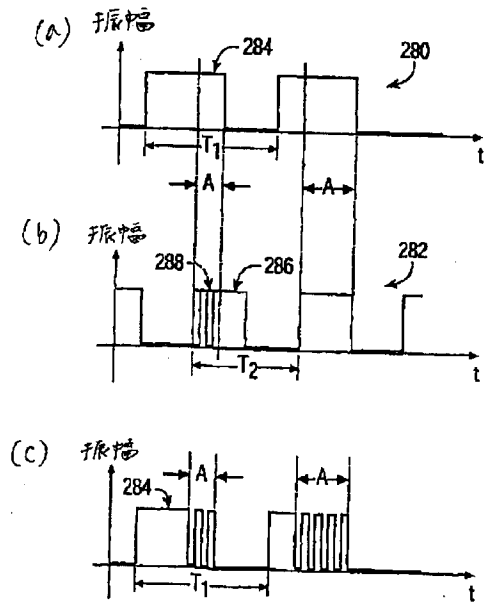
【図6】



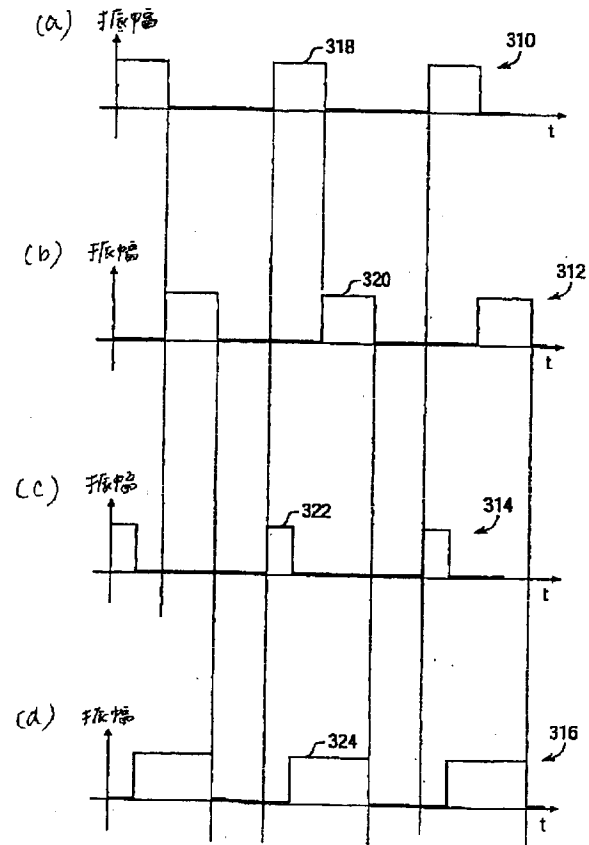
【図7】



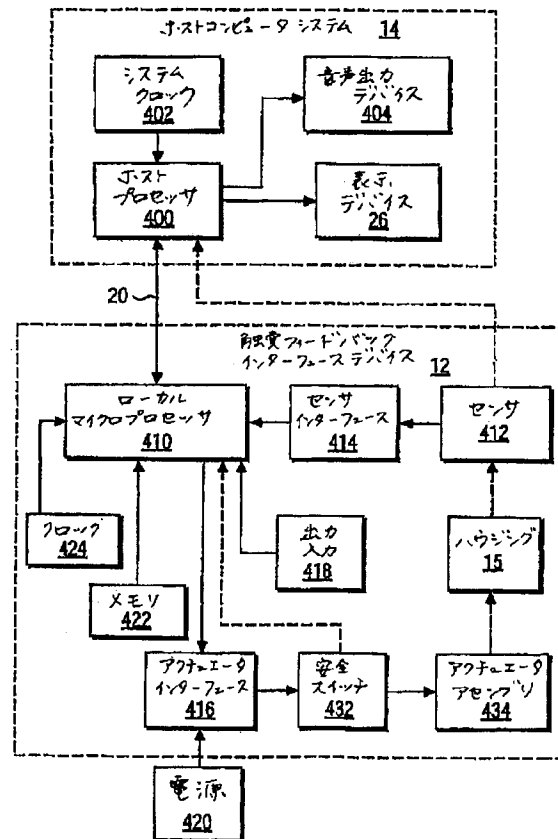
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

- (72)発明者 ローゼンバーグ、 ルイス ビー。
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95132,
サン ノゼ、 フェルター ロード
5002
- (72)発明者 ムーア、 デイビッド エフ。
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94061,
レッドウッド シティ、 ダブリュー
ー、 オークウッド ブールバード 318

- (72)発明者 マーティン、 ケネス エム。
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95033,
ロス ゲイトス、 オールド マイン
ロード 21560
- (72)発明者 ゴールデンバーグ、 アレックス エス。
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94043,
マウンテン ビュー、 ウェスト ミド
ルフィールド 2225

Fターム(参考) 2C001 CA02 CC01

5B087 AA09 AB12 BB21 BC26